

N° d'ordre 2115
SÉRIE A
N° de série 1246

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

JEAN - JACQUES THOMASSET.

1^{re} THÈSE. — RECHERCHES SUR LES TISSUS DENTAIRES DES POISSONS
FOSSILES.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 20 mai 1930 devant la Commission d'examen

Président : E. RABAUD

Examineurs : { L. JOLEAUD (Rapporteur)
 { R. COMBES.

STRASBOURG
IMPRIMERIE ALSACIENNE

1930



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41552831_0029

Extrait des *Archives d'Anatomie, d'Histologie et d'Embryologie*
Tome XI, 1930, p. 1—153.

N° d'ordre 2115
SÉRIE A
N° de série 1246

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

JEAN - JACQUES THOMASSET.

1^{re} THÈSE. — RECHERCHES SUR LES TISSUS DENTAIRES DES POISSONS
FOSSILES.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 20 mai 1930 devant la Commission d'examen

Président: E. RABAUD

Examineurs: { L. JOLEAUD (Rapporteur)
 { R. COMBES.

STRASBOURG
IMPRIMERIE ALSACIENNE

1930

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

MM.

Doyen C. MAURAIN, *Professeur* Physique du globe.
Doyens honoraires . . . P. APPELL, M. MOLLIARD.

Professeurs honoraires . . .
A. JOANNIS.
H. LE CHATELIER.
H. LEBESGUE.
A. FERNBACH.
A. LEDUC.
E. HÉROUARD.

Professeurs
ÉMILE PICARD . . . Analyse supérieure et algèbre supérieure.
G. KOENIGS . . . Mécanique physique et expérimentale.
E. GOURSAT . . . Calcul différentiel et calcul intégral.
P. JANET . . . Electrotechnique générale.
F. WALLERANT . . . Minéralogie.
P. PAINLÉVE . . . Mécanique analytique et mécanique céleste.
Gabriel BERTRAND . . . Chimie biologique.
Mme P. CURIE . . . Physique générale et radioactivité.
M. CAULLERY . . . Zoologie (Évolution des êtres organisés).
G. URBAIN . . . Chimie minérale.
Émile BOREL . . . Calcul des probabilités et physique mathém.
L. MARCHIS . . . Aviation.
Jean PERRIN . . . Chimie physique.
Rémy PERRIER . . . Zoologie (Enseignement P. C. N.).
H. ABRAHAM . . . Physique.
M. MOLLIARD . . . Physiologie végétale.
E. CARTAN . . . Géométrie supérieure.
L. LAPICQUE . . . Physiologie générale.
E. VESSIOT . . . Théorie des fonctions et théorie des transformations.
A. COTTON . . . Physique générale.
J. DRACH . . . Application de l'analyse à la géométrie.
Charles FABRY . . . Physique.
Charles PÉREZ . . . Zoologie.
Léon BERTRAND . . . Géologie structurale et géologie appliquée.
R. LESPIEAU . . . Théories chimiques.
E. KABAUD . . . Biologie expérimentale.
P. PORTIER . . . Physiologie comparée.
E. BLAISE . . . Chimie organique.
P.-A. DANGEARD . . . Botanique.
Paul MONTEL . . . Mécanique rationnelle.
P. WINTREBERT . . . Anatomie et histologie comparées.
O. DUBOSCQ . . . Biologie maritime.
G. JULIA . . . Mathématiques générales.
A. MAILHE . . . Étude des combustibles.
L. LUTAUD . . . Géographie physique et géologie dynamique.
Eugène BLOCH . . . Physique théorique et physique céleste.
Henri VILLAT . . . Mécanique des fluides et applications.
Ch. JACOB . . . Géologie.
P. PASCAL . . . Chimie minérale.
Léon BRILLOUIN . . . Théories physiques.
V. AUGER . . . Chimie appliquée.
ESCLANGON . . . Astronomie.

E. PÉCHARD . . . Chimie (Enseigt. P.C.N.).
M. GUICHARD . . . Chimie minérale.
A. GUILLET . . . Physique.
G. MAUGUIN . . . Minéralogie.
L. BLARINGHEM . . . Botanique.
A. MICHEL-LEVY . . . Pétrographie.
A. DEREIMS . . . Géologie.
A. DENJOY . . . Calcul différentiel et intégral.
H. BÉNARD . . . Physique (P.C.N.).
E. DARMOIS . . . Physique.
G. BRUHAT . . . Physique.
H. MOUTON . . . Chimie physique.
L. JOLEAUD . . . Paléontologie.
M. JAVILLIER . . . Chimie biologique.
A. DUFOUR . . . Physique (P.C.N.).
F. PICARD . . . Zoologie (Évolution des êtres organisés).
ROBERT-LÉVY . . . Zoologie.
L. DUNOYER . . . Optique appliquée.
A. GUILLIERMOND . . . Botanique (P. C. N.).
A. DEBIEUNE . . . Radioactivité.
M. FRÉCHET . . . Calcul des Probabilités et physiques mathématiques.

Secrétaire A. PACAUD.



PRÉFACE

L'étude histologique des Vertébrés fossiles, dont le champ est d'ailleurs très limité, n'a pas été tentée d'une manière systématique. En Allemagne, puis en Angleterre, quelques histologistes se sont servis de restes fossiles pour compléter leur connaissance des Vertébrés actuels. Le paléontologiste suisse, Louis Agassiz, dans ses « Recherches sur les Poissons fossiles », a, le premier, fait une part à la structure intime des dents dont il a donné de belles figures. Owen, dans sa classique « Odontography », a figuré de nombreuses coupes de dents fossiles. Les histologistes dentaires, particulièrement Ch. S. Tomes et Röse, ont employé ce matériel. Mr E. S. Goodrich, qui a consacré une belle monographie aux écailles de Poissons, surtout fossiles, a créé le mot de « Paléohistologie ». Occasionnellement, quelques auteurs allemands ont utilisé avec succès les méthodes et les données de l'histologie fossile. Mais cette science n'a encore donné lieu qu'à des publications fragmentaires où elle était presque toujours plus ou moins accessoire et dont aucune n'a paru en France.

Tandis que la structure des Invertébrés fossiles a été magistralement étudiée par M. le Professeur Cayeux, et que cette étude, poursuivie par de nombreux chercheurs, est journellement appliquée à la géologie, l'histologie des Vertébrés n'a pas été employée dans ce sens. Il y a néanmoins lieu de croire qu'elle est susceptible de rendre des services même à la stratigraphie.

Le présent travail, par suite de la rareté du matériel, de la pénurie des ressources scientifiques de l'auteur, ne peut être qu'une très modeste et très incomplète contribution à l'étude des tissus dentaires, envisagée au point de vue paléontologique.

Mes fonctions dans l'enseignement m'ont tenu constamment éloigné des laboratoires et bibliothèques. Mais la technique employée, étant peu compliquée, quoique délicate, longue et souvent décevante,

a pu être réalisée par des moyens de fortune. La confection de coupes d'organes fossiles, exigeant seulement un peu d'émeri et beaucoup de patience, demande heureusement plus de temps que de dépense. Ainsi, ce travail a pu être poursuivi au milieu des difficultés les plus décourageantes.

Trois subventions m'ont été accordées: deux par la Caisse des Recherches Scientifiques (de 1.000 Frs. chacune) et une autre par l'Association française pour l'Avancement des Sciences (300 Frs.). Elles m'ont été d'un précieux secours. Enfin, ce m'est un agréable devoir de remercier ceux qui m'ont aidé à me procurer un matériel dont la réunion a été une des principales difficultés de ces recherches. En Angleterre, M^{mes} Goodrich et J. H. Mummery, m'ont aimablement fait parvenir des documents utiles et Mr W. J. Gordon, Professeur au Royal College de Londres, m'offrit de la manière la plus charmante, un bel ouvrage d'anatomie dentaire qui me fut un guide sûr. MM. les Professeurs Anthony, Boule, Chaput, Leriche et Roule, ainsi que M. C. Gaillard, Directeur du Muséum de Lyon, ont bien voulu me donner des pièces intéressantes à étudier. J'ai pu rassembler aux Halles de Paris un important matériel de comparaison, grâce à M. le Dr. Jugeat, alors vétérinaire Inspecteur. Quelques Confrères ont bien voulu, par voie d'échange, me procurer des dents de Poissons, particulièrement M. Jean Miquel. Enfin, M. le Dr. Imhoff, de Paris, m'a prodigué des pièces intéressantes avec une inlassable amabilité, et je lui garde une toute particulière reconnaissance.

La plus grande imperfection de ce travail est sans doute la bibliographie. L'éloignement des centres auquel les travailleurs sont souvent condamnés, joint aux difficultés de la vie et des voyages, rendent les recherches bibliographiques de plus en plus difficiles. Et, dans le même sens, la bibliographie en devenant de plus en plus vaste et complexe, crée un autre ordre de difficultés. Parmi les faiblesses, assurément nombreuses et grandes, de cet ouvrage, celle-ci est la plus immédiatement visible. Il n'en pouvait être autrement. Deux guides précieux en la matière existent heureusement, ce sont les beaux manuels de Ch. S. Toms, et de J. H. Mummery. Ce dernier particulièrement, dont les données se sont toujours montrées exactes et les théories applicables, est digne de confiance.

Le présent travail est de toute nécessité, purement morphologique. Cantonné, de par le choix du matériel et les nécessités de la technique, dans l'étude des espèces fossiles, je n'ai pu aborder l'étude embryologique. Celle-ci, qui doit, en définitive, et seule trancher les questions

en suspens, constitue un ordre de recherches tout différent de ce que j'ai entrepris. Elle a d'ailleurs été poursuivie sur différents points par des chercheurs éminents. Il ne semble pas, jusqu'à présent, qu'elle ait donné des résultats supérieurs à ceux que peut obtenir la paléontologie. Je ne puis offrir qu'un document très incomplet. Il devra être approfondi, au point de vue du développement des tissus, dans les quelques cas où cela est possible. Cependant, l'étude des formes éteintes, à elle seule, semble conduire à quelques résultats appréciables. Il m'eût fallu, pour établir une histologie comparée, et trouver des caractères de détermination, examiner un très grand nombre de genres, c'est-à-dire, non pas quelques centaines, mais quelques milliers de préparations. Le temps très long, ainsi que les nombreuses manipulations que nécessitent les coupes, joints à l'effrayante monotonie du travail, ne permettent pas à un chercheur isolé, mal outillé, de réaliser ce qui lui semble nécessaire. Mais surtout la rareté du matériel a restreint considérablement le champ de mes études. Et les quelques années qu'ont demandées ces recherches, sont peu de chose devant la difficulté et la complexité de ces questions.

Saint-Gilles (Bourgogne)

Septembre 1929.

P. S. Je dois remercier M. le Prof. Ch. Jacob qui voulut bien accueillir le manuscrit de cette thèse et surtout M. le Prof. Joleaud, qui s'est chargé du rapport. De même M. le Prof. Rabaud et M. Combes qui acceptèrent de faire partie du jury et de poser les questions accessoires.

L'exécution matérielle de ce travail a pu être menée à bien grâce à M. le Prof. Anthony qui l'adressa à M. le Prof. Forster, lequel voulut bien l'accepter. Ce dernier m'a prodigué une aide précieuse et particulièrement compétente à laquelle je suis heureux de rendre hommage.

INTRODUCTION

Les tissus dentaires des Poissons présentent une complexité et une diversité bien plus grandes que ceux des autres Vertébrés. On ne trouve chez ceux-ci aucune variété de dentine qui n'existe chez ceux-là, et plusieurs variétés de dentine et d'émail sont particulières aux Poissons. L'étude des tissus dentaires, dans ce groupe, offre ainsi un double intérêt. D'une part, elle permet de mieux comprendre la morphologie des dents en général, elle indique des analogies, des homologies et des transitions qui éclairent l'histologie dentaire générale. D'un autre côté, par suite de la grande variabilité de leur structure, les dents des Poissons offrent, à l'analyse microscopique, des caractères distinctifs qui aident à la détermination des familles, parfois des genres, exceptionnellement des espèces, et sur lesquels on peut baser une classification beaucoup moins incertaine que celle qui repose sur la forme extérieure. Elle permet aussi la reconnaissance de très petits fragments organiques, ce qui pour certaines roches peut être d'une grande utilité. Cette étude, esquissée par les histologistes allemands et anglais, restée très incomplète et d'ailleurs ignorée en France, avait seulement montré que les dents, surtout chez les Poissons, étaient histologiquement très diverses. Les faits n'étaient pas en nombre suffisant pour établir une classification des tissus et baser la détermination des groupes. L'orthodentine n'était pas mise à sa vraie place, et on confondait avec elle un tissu ostéoïde. Ses mouvements centrifuges, quoique prévus, n'étaient pas démontrés par des exemples indiscutables. L'émail était mal connu; on considérait comme tel la fibrodentine, et l'émail des Amioïdes n'avait pas été décrit avec détails. On ne pouvait encore tenter d'expliquer la genèse de tissus exclusivement fossiles.

Des comparaisons plus étendues nous ont permis de résoudre quelques questions et de relever de nombreuses particularités de structure susceptibles d'éclairer l'histologie générale.

Toutes les variétés de tissus mésoblastiques, depuis le tissu ostéoïde, voisin de l'os, jusqu'à la dentine la plus spécialisée, se rencontrent chez les Poissons. Les Vertébrés supérieurs ne présentant pas de variétés particulières, on peut baser entièrement sur les Poissons la morphologie des tissus dentaires. L'émail présente aussi des formes très variées, montrant qu'il n'est pas toujours homologue à lui-même. Beaucoup de caractères, peu marqués chez les Vertébrés aériens, étant plus prononcés chez les Poissons, deviennent compréhensibles. Certains problèmes posés par l'histologie des Mammifères, par exemple la pénétration dans l'émail des canalicules venus de la dentine, deviennent plus faciles à résoudre par l'examen des dents de Poissons.

Non seulement les formes fossiles offrent un champ d'étude particulièrement vaste, certains groupes comme les Ganoïdes, presque inexistants à l'époque actuelle, se révélant d'une extrême importance, mais encore l'observation des tissus fossiles est souvent bien plus aisée que celle des tissus frais. C'est ainsi que le réseau conjonctif de la dentine, assez difficile à observer, est particulièrement bien visible chez *Lepidotus*, Poisson jurassique. Schafffer avait déjà fait observer que, sur les os fossiles, certains détails étaient plus nets et mieux visibles que sur les tissus frais. La coloration des dents est une des plus délicates de la technique histologique. Chez les fossiles, il suffit de préparer des plaques minces par la méthode pétrographique. Ce n'est que lorsque les dents sont très petites ou fragiles, cas d'ailleurs fréquent, que les préparations deviennent difficiles à obtenir. Les colorations sont en quelque sorte toutes faites. La distinction entre la dentine et l'émail est ainsi plus aisée que sur les dents fraîches, surtout en lumière polarisée. Les canaux et canalicules jusqu'aux plus fins sont généralement remplis par des substances minérales, et tous les détails sont ainsi rendus observables. C'est ainsi que les dents de *Sargodon*, les premières que nous ayons examinées et dont l'étrangeté nous a engagé à entreprendre cette étude, présentent une conservation si parfaite, une coloration si belle qu'il est impossible d'obtenir mieux sur une dent fraîche, par la technique la plus savante. Les parties molles évidemment ne sont pas conservées, mais l'hypercalcification qui se produit dans la pulpe de certaines dents de Batoïdes fait parfois que l'on peut y voir encore des vaisseaux capillaires.

Bien entendu, la qualité de la fossilisation est essentielle. Le meilleur matériel est celui qui provient de grès ou de calcaires à grain fin. Les arkoses rhétiennes de Bourgogne fournissent des

exemplaires parfaits, par exemple de *Sargodon*; les calcaires lithographiques donnent aussi des échantillons bien conservés, mais d'une moins bonne coloration. Par contre, les dents provenant de schistes, comme les schistes bitumineux d'Autun, sont à peu près inutilisables. Les dents trouvées dans les sables sont, quoique délicates à couper, souvent assez bonnes si elles n'ont pas été roulées. Celles des phosphates tunisiens sont souvent excellentes; celles qui sont de couleur noire, bien imprégnées de sels de fer, offrent dans les détails une visibilité parfaite, mais celles qui ne sont pas ferrugineuses sont inférieures. La dureté des tissus entre aussi en ligne de compte. Un grand obstacle à l'obtention de coupes complètes est la différence de dureté qui existe souvent entre le tissu de revêtement et le tissu profond, ou entre l'ivoire et l'émail fossiles, les couches externes étant beaucoup plus dures. Chez les Lamnidés, par exemple, il y a une zone de rupture facile entre l'ostéodentine et la fibrodentine. Ainsi les tissus de recouvrement sont parfois difficiles à obtenir, et ils peuvent manquer totalement sur plusieurs coupes, de sorte que l'on est induit à nier leur existence, par exemple chez *Dendrodus*, où les coupes transverses, aussi bien celles que figure Owen, que celles que nous avons effectuées, ne montrent pas d'émail, alors qu'il existe sur les coupes longitudinales¹⁾. Ce tissu, très compact et presque cristallin, éclate et se détache facilement. Chez les Pycnodontidés, où il est excessivement dur et épais, l'émail peut se conserver seul, alors que la dentine a disparu; on trouve ainsi les dents réduites à leur chapeau d'émail.

Il est quelquefois difficile de se prononcer sur la nature des tissus lorsqu'on les recontre chez des formes fossiles. L'étude de l'embryon, indispensable pour résoudre le problème, est impossible. Aussi, le nom donné à certains tissus rencontrés exclusivement chez des fossiles n'a qu'une valeur relative. En outre de ressemblances trompeuses, les tissus sont souvent d'origine mixte ou mêlés d'une manière plus ou moins confuse, de sorte qu'ils ne doivent être

¹⁾ Il est nécessaire de préciser l'orientation des coupes. Dans les dents arrondies, la coupe est ou verticale ou horizontale, c'est-à-dire selon un plan parallèle ou perpendiculaire à l'axe. Dans les dents allongées et plates, dites en pavé, nous appellerons coupe longitudinale la coupe selon la plus grande longueur, qu'elle coïncide ou non avec l'axe de la mâchoire, et coupe transverse celle qui est faite selon un plan perpendiculaire au précédent. Dans les dents tranchantes des Squalés, nous appellerons coupe frontale celle qui passe par les deux tranchants et coupe sagittale celle qui est perpendiculaire au plan de la première; enfin la coupe transverse est faite normalement au grand axe.

nommés parfois qu'avec réserve, particulièrement les tissus externes. C'est ainsi que de longues discussions se sont élevées pour savoir si telle couche représentait un émail ou une dentine, telle autre un émail ou un ciment. L'examen des embryons lui-même ne parvient pas toujours à établir la lumière. L'étude des fossiles a du moins l'avantage d'offrir un champ d'observation vaste et de permettre des comparaisons nombreuses.

CHAPITRE I

CLASSIFICATION DES TISSUS DENTAIRES

Une dent est un organe complexe, formé par l'action de deux feuillets polarisés agissant généralement comme antagonistes. L'un est d'origine mésodermique, de nature conjonctive, et produit le tissu principal qui est un tissu ostéoïde, assez voisin de l'os, constituant la masse de la dent. L'autre est d'origine ectodermique, de nature épithéliale et produit le tissu de recouvrement; il donne aussi la forme de la dent à laquelle il sert en quelque sorte de moule. Les réactions de ces deux feuillets entre eux dominent l'organogénèse dentaire.

Quant au troisième tissu, le ciment, il n'est qu'accessoire et pour ainsi dire extérieur à la dent proprement dite. Il ne joue presque pas de rôle dans l'architecture de celle-ci. C'est une production secondaire, en quelque sorte surajoutée. Nous ne l'avons d'ailleurs pas rencontrée, du moins sous une forme reconnaissable, chez les Poissons.

La dent la plus simple nous semble donc constituée par une masse plus ou moins volumineuse de tissu conjonctif, calcifié selon un mode voisin de celui de l'os, et recouverte d'une couche dure sécrétée par un épithélium et ressemblant à la coquille des Mollusques. On peut dire, en termes très approximatifs, qu'une dent est un os recouvert d'une coquille.

L'identité des dents et des écailles placoïdes est devenue banale. Nous verrons que la dentine des écailles est identique aux formes peu spécialisées de celle des dents et qu'il en est de même pour l'émail. Les dents ne sont donc pas initialement localisées à la bouche et ne constituent pas des organes exceptionnels.

Il y a deux tissus dentaires fondamentaux, lesquels présentent de nombreuses variétés, reliées généralement par des formes de transition. Le tissu mésoblastique, très variable, est appelé dentine dans le sens le plus large du mot. C'est un tissu ostéoïde dont la spécialisation extrême est ce que l'on nomme communément l'ivoire¹⁾. Le tissu épiblastique est l'émail qui revêt la dent. Son feuillet formateur, dérivé de l'épithélium buccal, dirige la croissance de la dent et lui donne sa forme extérieure. Ces deux éléments, ectodermique et mésodermique, agissent en sens contraire, du moins dans la très grande majorité des cas: l'émail se formant de l'intérieur vers l'extérieur et la dentine de l'extérieur vers l'intérieur. Dans la majeure partie de leur évolution, les deux feuillets se développent de cette manière, mais le fonctionnement de chacun d'eux est éminemment complexe et n'est sans doute pas identique dans toute la série des Vertébrés, ni à toutes les phases de l'histogénèse. On peut considérer comme non absolue la loi de la spécificité des feuillets, depuis longtemps admise et que A. Prenant déclare périmée. En effet, si ces feuillets agissent en sens inverse, il est à peu près impossible d'expliquer la pénétration de certains éléments de l'un dans la masse de l'autre, et les efforts qui ont été tentés pour concilier le fait et la théorie ont donné bien peu de résultats. Tel est le cas de l'émail dans lequel les canalicules de la dentine pénètrent, parfois très peu, parfois dans toute l'épaisseur. Si donc l'émail est centrifuge et la dentine centripète, ce n'est là qu'une règle approchée. Dans la majorité des cas, certes, et dans la plus grande partie du développement, les choses se passent ainsi. Mais dans la première phase de l'histogénèse il y a généralement une sorte de collaboration des deux feuillets. La première calotte d'ivoire est d'origine mixte, d'après Prenant. Il y a aussi dans la dentine des éléments qui prouvent que son développement est, dans certains cas et à certains moments, centrifuge; tels sont les canalicules éburnéo-adamantins des Amioïdes et des Marsupiaux, et les longues saillies que forme la dentine elle-même chez *Sargodon*. Enfin, il existe des tissus, vraisemblablement mixtes, dans lesquels il est bien difficile de décider quelle est la part de l'épithélium et quelle est la part de la papille conjonctive. On peut conclure que les cas nombreux d'interpénétra-

¹⁾ Ce terme n'est plus guère employé dans la langue scientifique. Il est bon de le réserver soit pour le langage courant, soit pour désigner la dentine des défenses d'Éléphants qui présente quelques caractères particuliers.

tion des tissus dentaires interdisent de considérer la spécificité des feuillets comme une règle absolue, mais permettent de la regarder comme exacte dans la grande majorité des cas. Il faut aussi remarquer que c'est le tissu mésoblastique, complexe et vascularisé, qui pénètre dans l'émail et ne se développe pas dans un sens absolument défini. L'émail, simple dépôt calcaire sécrété par un épithélium, ne fait que se laisser pénétrer par les éléments protoplasmiques de la dentine. Il ne constitue qu'un revêtement et n'a pas de rôle architectural. Son dépôt s'opère plus régulièrement que celui de la dentine et d'une manière en quelque sorte plus passive.

La dentine, telle qu'elle existe chez les Mammifères, étant un tissu hautement spécialisé, son étude trop souvent exclusive a conduit les histologistes à une conception particulariste de la dent. Cet organe n'est pas en réalité sans analogue dans l'économie, bien au contraire; mais à le considérer dans ses états extrêmes on risque d'en mal concevoir l'architecture. De même, commencer l'étude des tissus dentaires, comme le font les manuels, par celle de l'orthodentine ou ivoire, empêche de mettre celle-ci à sa vraie place parmi les autres tissus. Rien n'est exceptionnel dans la dent. La plupart des variétés de dentine sont comparables à quelques os de l'endo- ou de l'exosquelette, et l'émail peut recouvrir des os dermiques. Tous les tissus mésodermiques entrant dans la composition des dents font partie de cette catégorie des tissus de soutien appelés, par K ö l l i k e r, *tissus ostéoides* et caractérisés par l'absence de cellules. On les rencontre dans les os des Poissons et exceptionnellement dans ceux des autres Vertébrés.

La distinction ordinaire des deux tissus dentaires principaux doit donc subsister. Il suffit de reconnaître en chacun d'eux des variétés et d'ajouter les tissus mixtes qui se rattachent d'ailleurs à l'un ou à l'autre des premiers. On sait que la papille dentaire produit l'architecture de la dent et que l'organe adamantin donne, avec le revêtement, la forme générale, ce qui est sa principale fonction. Ainsi, structure interne et forme extérieure sont dues à deux éléments à peu près indépendants, et nous les verrons indépendantes l'une de l'autre. La papille et l'organe adamantin réagissent bien l'un sur l'autre, mais en fonctionnant selon des modes différents et en obéissant sans doute à des déterminismes distincts. Ainsi deux organes de l'émail peuvent produire une même forme de dents alors que les papilles élaborent des architectures très différentes (Dents des Lamnides et des Carcharides). De même, des papilles peuvent donner des structures identiques alors que les organes de l'émail produisent

des formes variées (Dents de *Sargodon* et de *Pycnodus*). La forme et la structure sont indépendantes.

Nous appellerons *dentine* tous les tissus provenant de la papille mésodermique, même lorsque l'organe de l'émail a pu jouer quelque rôle dans leur formation. Comme la dentine présente tous les aspects, depuis l'os jusqu'à l'ivoire véritable, nous ne pouvons la définir que: tissu conjonctif calcifié interne ou mieux *tissu ostéoïde dentaire*. L'émail est le tissu externe, produit par l'épithélium, d'aspect plus ou moins vitreux et toujours plus réfringent que la dentine. On ne peut le définir d'une manière précise, car il est très polymorphe, les caractères architectoniques, qui nous guident dans l'étude de la dentine, font défaut, et il peut avoir des modes de développement variés. Il est d'ailleurs souvent impossible de reconnaître avec certitude un véritable émail d'une zone externe de dentine ou, paraît-il, d'un ciment très mince dépourvu de cellules.

Nous pouvons résumer ainsi:

Tissu interne, d'origine surtout conjonctive, ostéoïde: **Dentine**;

Tissu externe, d'origine surtout épithéliale, réfringent: **Émail**.

Dentine.

La première classification des tissus dentaires est due à Owen qui distingua trois variétés de dentine:

1° La dentine dure, non vasculaire, à canalicules;

2° La *vasodentine* ou dentine vasculaire dans laquelle il classait des formes aujourd'hui rangées dans l'ostéodentine. Il y plaçait aussi des dents produites par la fusion de plusieurs denticules comme celle de *Myliobatis* ou *Psammodus*;

3° L'*ostéodentine*, ressemblant à l'os et dans laquelle il signalait des cellules ou « Corpuscules de Purkinje » qui sont sans doute des granules ou calcosphérites;

4° Enfin le tissu osseux considéré par cet auteur comme une quatrième variété de tissu dur.

Ch. S. T o m e s distigua quatre variétés de dentine:

1° L'*ortho-dentine* ou vraie dentine, dure, avasculaire, développée autour d'une cavité pulpaire simple;

2° La *plici-dentine* ou dentine plissée;

3° La *vaso-dentine* ou dentine vasculaire, sans canalicules;

4^o L'*ostéo-dentine*, plus ou moins semblable à l'os, et dans laquelle des canaux comparables aux canaux de Havers jouent le rôle de pulpe.

Les diverses variétés de dentine se groupent ainsi d'après cet auteur :

a) Dentines développées à la surface d'une pulpe par calcification de ses couches superficielles; les tubes de la dentine, lorsqu'ils existent, s'irradient d'une seule chambre pulpaire axiale ou de ses replis.

1^o *Dentine dure*, non vasculaire, entièrement pénétrée par les canalicules qui s'irradient d'une chambre pulpaire centrale simple. Exemple: dentine humaine.

2^o *Plici-dentine*, pénétrée par des canalicules qui s'irradient d'une chambre pulpaire dont la forme est rendue complexe par le plissement de ses parois. Exemple: *Lepidosteus*, *Labyrinthodon*.

3^o *Vaso-dentine*, avec canalicules rares ou absents, mais pourvue de nombreux canaux capillaires à travers lesquels le sang circule. Exemple: la Merluche.

4^o Dentines pouvant être considérées comme la réunion de denticules parallèles fusionnés, ou comme des formes de dentine plissée, ou comme faisant la transition vers une ostéodentine régulière. Exemple: *Myliobatis*, *Pristis*.

b) Dentines développées par une calcification s'étendant à l'intérieur de la pulpe et non limitée à une couche en surface. Les canalicules sont en relation avec des espaces médullaires distincts et non avec une chambre pulpaire axiale.

5^o *Ostéo-dentine* ou trabéculo-dentine, avec canalicules qui s'irradient de nombreux canaux médullaires et qui peuvent être soit courts et peu nombreux, soit bien développés. Une lamination de la substance fondamentale et des espaces semblables aux lacunes de l'os se rencontrent dans quelques ostéo-dentines. Exemple: *Lamna*, Brochet.

Röse a proposé la classification suivante des tissus durs (ou *Hartsubstanzgewebe*):

1^o *Dentine* ou *ortho-dentine*. Tissu dur, à surface lisse, qui s'accroît dans une seule direction et en contact avec une gaine épithéliale.

3 variétés:

a) *Dentine vraie*, à canalicules refermant un prolongement de l'odontoblaste;

b) *Vitrodentine*, compacte, sans inclusions protoplasmiques;

c) *Vasodentine*, tissu renfermant des canaux vasculaires avec capillaires sanguins;

2° *Dentine trabéculaire*. Tissu dur, se développant en travées, dans toutes les directions. Canalicules courts ne contenant pas de prolongements cellulaires protoplasmiques;

3° *Tissu ostéoïde*, s'accroissant de tous côtés, sans inclusions protoplasmiques. Une partie de ce tissu est comprise sous le nom de *vitro-trabéculo-dentine*;

4° *Os*, contenant des ostéoblastes;

5° *Ostéo-dentine*. Tissu de transition entre l'os d'une part, la dentine et la trabéculo-dentine d'autre part.

Plusieurs classifications des tissus durs, comprenant les tissus dentaires, ont été proposées par Queckett, Kölliker, Klaatsch et, en France, par Stephan, mais ne mentionnent qu'accessoirement la dentine. Les auteurs récents adoptent, en général, les classifications de Ch. Tomes et de Röse.

Parmi les variétés établies par ces auteurs, plusieurs prêtent à la critique. Pour la vraie dentine, la définition de Tomes est trop large, car il y a une dentine non vasculaire avec cavité pulpaire centrale, qu'en raison de sa ressemblance avec la première et des confusions que celle-ci a causées, on peut appeler pseudo-dentine. Mais le critère donné par Röse est trop étroit. Une véritable dentine à canalicules fins et parallèles peut présenter des mouvements centrifuges (*Sargodon*), et, dans de nombreux cas, les canalicules s'en développent secondairement en sens contraire de l'ensemble du tissu. De plus, d'autres dentines se développent en contact avec une gaine épithéliale puisqu'elles sont directement recouvertes d'émail: le cas se produit pour l'ostéo-dentine typique (*Ancystrodon*)¹⁾.

A l'exemple de Röse, nous rejetterons la plicidentine de Ch. Tomes. Cet auteur nomme ainsi un tissu de structure parfois identique à celle de l'orthodentine et dont la pulpe est plissée. Il en résulte un semblable plissement du tissu, et la coupe transverse présente un aspect comparable à « une roue à aubes ». Cette variété

¹⁾ Les dents connues sous le nom d'*Ancystrodon armatus* P. Gervais se rencontrent dans le Sénonien et le Tertiaire inf. Elles ont été comparées aux incisives de *Pycnodon* par Priem. Mais leur structure est nettement différente de celles-ci et ne permet pas le rapprochement. On les a comparées aussi aux dents pharyngiennes des Balistes. Leur position est donc obscure. L'émail d'*Ancystrodon armatus* ressemble beaucoup à celui des Amioïdes, mais on ne peut classer cette espèce d'après ce seul caractère.

est basée sur la disposition du tissu et non sur sa structure intime. Un caractère d'ordre plutôt anatomique ne saurait entrer en ligne de compte dans une classification histologique. D'ailleurs, nous verrons que l'on peut interpréter d'une manière toute différente la dent de *Lepidosteus*, donnée comme type de plicidentine. De plus, T o m e s range dans cette catégorie le tissu tout à fait différent qui constitue les dents en pavé de *Myliobatis* et qui n'a rien de commun avec la dentine de *Lepidosteus*. Il est vrai que le même auteur, dans le même ouvrage, montre aussi que l'on peut interpréter d'autre manière cette structure. Dans la classification de T o m e s, ce dernier tissu occupe une situation particulièrement flottante. Il y a lieu d'en faire une variété spéciale, laquelle est homogène et largement répandue. Le terme de plicidentine est non seulement inutile mais défectueux, car il réunit, d'une manière très hésitante, il est vrai, deux sortes de dentine parfaitement distinctes. D'autre part, il est basé sur un caractère topographique et non de structure intime, il fonde une variété tissulaire sur un caractère anatomique d'importance contestable. L'aspect plissé se rencontre dans diverses variétés de dentine et d'émail; il peut n'affecter que la surface sans intéresser la pulpe. Le plissement, produisant un aspect méandrique, se rencontre en plusieurs circonstances et dans des tissus par ailleurs nettement définis. Il n'y a donc pas lieu de maintenir, comme variété distincte, la plicidentine.

Dans la classification de R ö s e, qui semble assez confuse, la variété la plus artificielle peut-être, qui a d'ailleurs été adoptée en France par S t e p h a n, est la vitrodentine. R ö s e nomme ainsi la couche compacte qui recouvre des dents très différentes, celles des Squales, celles de Téléostéens à vasodentine et même des dents à orthodentine. L'auteur la considère comme la plus primitive parce qu'elle apparaît au début du développement. Cependant elle existe chez des Poissons d'organisation supérieure, car, chez les Squales, ce qui a été appelé ainsi est, en réalité, un émail. Elle n'est séparée par aucune solution de continuité de la dentine sous-jacente, et ce n'est, semble-t-il, que dans un cas unique (le genre *Lotella* de la famille des Gadidés) qu'elle constitue à elle seule une dent. Cette vitrodentine n'est en somme qu'une couche spéciale de la dentine, au même titre que la «couche granuleuse de T o m e s». Ce n'est qu'une différenciation périphérique, dont le caractère purement négatif est l'absence d'éléments protoplasmiques. Il n'y a donc pas lieu de faire de cette couche compacte une variété distincte. Dans un exemple cité par R ö s e (*Sclerocephalus*), il y a nettement une

orthodentine à trois couches qui sont, de l'intérieur vers l'extérieur : tubulaire, granuleuse, compacte. Cette dernière, située à la périphérie de la dent, s'enfonce plus profondément entre deux « systèmes » de dentine par suite de plissements, mais elle conserve les mêmes rapports avec les autres couches. Elle correspond ainsi à la vitrodentine et à la vitro-trabéculo-dentine. Il y a lieu de rejeter ces deux termes comme ne correspondant à rien de très défini. L'un d'eux peut aussi prêter à confusion, car des auteurs anglais ont appelé l'émail soupçonné d'être mixte vitrodentine. On peut les remplacer par l'expression claire de *couche compacte* ou *couche compacte de R ö s e*. Le fait que cette couche externe se rencontre sur des types différents de dentine ne prouve nullement son indépendance. C'est une propriété générale des tissus ostéoïdes et osseux d'être plus denses, plus compacts à leur périphérie. En classant une partie de sa vitro-trabéculo-dentine dans le tissu ostéoïde, R ö s e a donné un sens trop étroit à ce terme qui doit conserver le sens général et compréhensif que lui assigna K ö l l i k e r. Il n'y a pas lieu non plus de distinguer entre tissu ostéoïde et ostéo-dentine, sinon en donnant à ce dernier terme une acception plus étroite. De plus, le terme de trabéculo-dentine, établi par R ö s e et approuvé par T o m e s, est défectueux car, ainsi que nous le verrons, les dentines ostéoïdes n'appartiennent pas au type trabéculaire. Du reste, R ö s e range dans la trabéculo-dentine les dents composées des Myliobatidés et T o m e s l'a réfuté avec raison.

On retrouve souvent, chez les auteurs récents, l'ancienne confusion entre ostéodentine et vasodentine qui se trouve chez O w e n et qui a été très heureusement corrigée par Ch. T o m e s. Ce dernier a fait de la vasodentine une catégorie homogène, bien définie. C'est à tort assurément que S t e p h a n a repris ce terme dans le sens ancien d'O w e n, réfutant le véritable progrès, si rare en ces matières, qui avait été réalisé par T o m e s.

La dentine « sensu lato » se classe parmi les tissus ostéoïdes. On sait que K ö l l i k e r distingua chez les Poissons un tissu osseux et un tissu assez semblable mais dépourvu de cellules qu'il nomma tissu ostéoïde. Il décrivit dans le squelette interne des aspects d'ivoire. Depuis lors se sont multipliées les observations établissant la généralité et l'homogénéité du groupe des tissus ostéoïdes.

Nous distinguerons six variétés principales de dentine.

Pour en établir la classification morphologique, il faut tenir compte de la disposition générale du tissu, par conséquent de la cavité

pulpaire. Celle-ci est un espace, vide sur notre matériel fossile, occupé, pendant la vie, par la portion non calcifiée des tissus élaborateurs et nutritifs. C'est au point de vue architectural un simple reliquat. Cette masse résiduelle de tissu conjonctif ne constitue pas une cavité toujours semblable et de même valeur.

Nous pouvons ainsi distinguer trois groupes:

a) Les dentines ostéoïdes les moins différenciées contenant les mêmes éléments qu'un tissu osseux, sauf les cellules. Elles n'ont pas une pulpe axiale ouverte à sa base, mais des canaux pulpaire homologues aux canaux de Havers, soit en grand nombre, soit un canal unique. Il y a trois variétés: L'*ostéodentine* assez semblable au tissu osseux. La *pseudo-dentine* qui est la couche externe de la première, ne contenant pas de canaux et dont les canalicules sont parallèles. Cette pseudo-dentine en ce cas n'est donc nullement distincte de l'ostéodentine, mais elle peut à elle seule constituer une dent, et ses canalicules sont groupés alors autour d'un seul canal central qui joue le rôle de cavité pulpaire. Le tissu ressemble à une vraie dentine avec pulpe axiale. Enfin, on peut rattacher à ce groupe un tissu composé, constitué par des systèmes ostéoïdes accolés et indépendants dont chacun contient un canal pulpaire et des canalicules, et que nous appellerons *syndentine*.

b) Les dentines ayant en leur centre une cavité pulpaire ouverte à la base, constituée par le recul des éléments calcifiants. Il y a deux variétés: La *vasodentine* qui possède des canaux vasculaires sans canalicules et l'*orthodentine* qui est parcourue par des canalicules sans canaux. Ces deux variétés constituent des formes correspondantes, résultant de deux modes différents de spécialisation.

c) Enfin, une dentine qui est un tissu de revêtement, développé sur une autre dentine et non autour d'une cavité. Elle est très polymorphe et sans doute d'origine mixte. D'après son aspect fibreux, on peut la nommer *fibrodentine*.

Nous pouvons résumer cette classification dans le tableau suivant:

A) — Des canaux pulpaire ou une chambre pulpaire close: <i>Dentines osteoïdes</i> proprement dites	{	Tissu ostéoïde à canaux pulpaire . .	Ostéodentine.
		Zone externe du précédent, à canalicules parallèles	Pseudo-Dentine superficielle.
		Une chambre pulpaire close d'où partent des canalicules	Pseudo-Dentine sensu stricto.
		Forme composée, constituée par des systèmes à canal pulpaire et canalicules	Syndentine.

- B) — Une chambre pulpaire ouverte à sa base
- | | | |
|---|--|----------------------|
| { | Des canaux vasculaires, pas de canalicules | Vasodentine. |
| | Des canalicules, pas de canaux vasculaires ou pulpaire | Orthodentine. |
- C) Ni canaux, ni chambre pulpaire. Tissu de revêtement **Fibrodentine**

La variété la moins différenciée, que l'on peut considérer comme fondamentale, est l'ostéodentine. En son état de moindre différenciation, elle est très comparable à l'os, quoique sans cellules incluses. Elle est caractérisée par ses canalicules qui partent des canaux pulpaire et plongent dans la substance interstitielle sans s'anastomoser. Ils sont souvent groupés en faisceaux figurant des panaches touffus. Ces canalicules non anastomosés sont bien plus caractéristiques que l'absence de cellules et différencient mieux l'ostéodentine du tissu osseux.

Par régularisation de ses éléments (canaux pulpaire et canalicules), l'ostéodentine passe aux autres variétés qui semblent toutes dérivées de ce tissu primitif. En suivant cette régularisation, et non plus la topographie, nous pouvons établir la classification suivante, moins descriptive que la précédente, mais traduisant mieux l'évolution probable des dentines:

- 1^o Variété ostéoïde non différenciée, canaux branchus de calibre variable (Squales, qq. Téléostéens) **Ostéodentine.**
 - a) *Canaux régularisés:*
- 2^o Canaux régularisés dans leur marche et leur calibre et purement capillaires, formant des anses vasculaires. Pas de canalicules (plusieurs familles de Téléostéens) **Vasodentine.**
 - b) *Canalicules régularisés:*
- 3^o Les canalicules régularisés partent soit des canaux périphériques d'un noyau d'ostéodentine (*Notidanus*, *Acrodus*, *Esox*), soit d'un canal ostéoïde unique et constituant une cavité pulpaire close (Carchariidés) . . . **Pseudo-Dentine.**
- 4^o Tissu formé d'un ensemble de systèmes accolés (comparables chacun à la variété précédente) comprenant un canal pulpaire avec canalicules. Dents composées (*Myliobatidés*, *Psammodontidés*, *Ceratodus*) . . . **Syndentine.**

5° Canalicules à branches courtes partant à angles droits, très régularisés en direction et en calibre autour d'une cavité pulpaire ouverte à sa base (Amioïdes, Téléostéens) . **Orthodentine.**

6° Canalicules souvent peu distincts, tissu d'aspect fibreux, polymorphe, disposé autour d'un massif osseux et non d'une cavité (Squales) **Fibrodentine.**

La dernière variété est sans doute en partie d'origine épithéliale. Ch. Tomes concluait à son origine mixte, et ses caractères sont en grande partie ceux de l'émail. Elle constitue un tissu de revêtement et fait ainsi transition par sa morphologie et son développement avec l'émail.

La dentine forme donc une série très variée, très riche, mais homogène. On peut la concevoir comme un tissu ostéoïde qui, de sa structure la plus primitive (ostéodentine) donne, par régularisation de ses canaux la vasodentine, et par régularisation de ses canalicules, la pseudo-dentine si cette régularisation se fait autour des canaux périphériques ou d'un canal unique, l'orthodentine si le même phénomène se produit autour d'une cavité pulpaire ouverte, et la fibrodentine s'il a lieu autour d'un massif ostéoïde. Enfin, il existe une forme composée, dérivée de la dentine ostéoïde simple, qui est la syndentine.

Email.

Le tissu épithélial est aussi polymorphe que la dentine. On peut y distinguer les quatre variétés suivantes :

1° Email ne présentant pas de solution de continuité avec les tissus sous-jacents, par conséquent difficile à délimiter et même à observer. Son existence est ainsi souvent douteuse. Il forme un revêtement mince, brillant sur les dents de Squales.

2° *Email placôïde.* Il forme un revêtement bien délimité, nettement séparé de la dentine et non pénétré par ses canalicules. Il est semblable et sans doute homologue à l'émail qui recouvre certains aiguillons de Sélaciens. Très réfringent (Crossoptérygiens, quelques Squales).

On peut classer dans cette variété l'*émail du collet*, couche mince, réfringente, localisée à la région du collet chez les Amioïdes.

3° *Email tubulaire*, pénétré par les canalicules venus de la dentine. Il atteint son maximum chez les Amioïdes où il est anhiste. L'émail tubulaire des Téléostéens contient peut-être des prismes.

4° *Email inversé*, à canalicules s'ouvrant à l'extérieur et se terminant à pointe perdue, sans atteindre la dentine. Chez les Squales, où il est peu net d'ailleurs, il ne présente pas de solution de continuité avec le tissu mésoblastique. La forme typique, co-existant ou non avec l'émail tubulaire, caractérise certaines familles de Téléostéens (Sparidés, Labridés).

Ce tissu de revêtement, quoique sa substance fondamentale soit toujours d'origine épithéliale, a été produit par plusieurs processus différents. Ses propres cellules formatrices, les adamantoblastes n'élaborent pas le tissu à elles seules dans toutes les formes. Dans quelques variétés, d'autres éléments collaborent avec elles. L'émail n'est donc pas toujours homologue à lui-même. Et les canalicules de la dentine qui le pénètrent modifient considérablement sa structure.

Parmi les trois catégories de tissus squelettiques, émail, tissus ostéoïde et osseux, lequel est le tissu primitif?

Selon K l a a t s c h, la première substance dure qui se développe est l'émail. Ensuite le premier tissu mésodermique apparaît en contact avec l'épiderme; c'est une dentine compacte. La calcification du corps des Vertébrés commence donc par l'extérieur, ce que confirme la paléontologie. Ce tissu primitif, l'émail, est un revêtement calcaire, sécrété totalement ou en partie par des cellules ciliées, les adamantoblastes ou améloblastes. Il n'a pas d'autre structure propre qu'une disposition de sa substance fondamentale en prismes ou plutôt en colonnes de forme assez variable. Souvent même, il n'a aucune structure propre. Il a été comparé par Ch. T o m e s à la coquille des mollusques (*Pinna*) et présente une grande ressemblance avec elle. A. P r e m a n t décrit sa formation comme assez semblable à celle des soies des Annélides. On peut donc le considérer comme un dépôt calcaire superficiel qui n'est pas sans analogue chez les Invertébrés.

Le tissu mésodermique est plus complexe. On peut concevoir son évolution de deux manières:

1° Ou bien le tissu ostéoïde dérive du tissu osseux par disparition des cellules;

2° Ou bien le tissu osseux dérive du tissu ostéoïde par acquisition de cellules.

La première opinion est défendue par K l a a t s c h, S t e p h a n. Celui-là, se basant surtout sur les écailles, considère la perte des cellules comme une modification secondaire. Mais comme cet auteur admet l'existence d'une dentine (donc d'un tissu ostéoïde) antérieurement au tissu osseux, il semble que son explication ne soit pas irréductible et puisse, par certains côtés, s'accorder avec la seconde. S t e p h a n a insisté sur la tendance que présentent les os des Poissons à la disparition de leurs cellules osseuses, mais il s'agit surtout de groupes évolués, et rien ne prouve que cette tendance soit primitive.

La deuxième opinion, défendue par K ö l l i k e r, est la plus vraisemblable. Tout d'abord, le tissu ostéoïde, fréquent chez les Poissons, ne se rencontre que très exceptionnellement chez les Vertébrés aériens. En dehors de la dentine, H e r t w i g l'a signalé chez les Urodèles. Par contre, le tissu osseux avec cellules se montre surtout dans des groupes de Poissons élevés en organisation, tels que les Téléostéens et les Ganoïdes. Chez ceux-ci, le tissu osseux haversien est très abondamment représenté. Or, dans ce groupe, les dents sont constituées d'orthodentine, l'émail est fort complexe, de même les écailles. Leurs tissus calcifiés sont donc très évolués, et un tissu largement représenté dans ce groupe ne peut être considéré comme primitif.

Les dents ne contiennent pas de cellules dans leurs tissus calcaires, si ce n'est en des cas que l'on peut dire accidentels; or, ce sont des organes qui apparaissent de bonne heure et représentent en somme une calcification primitive. Le tissu ostéoïde y apparaît au contact de l'émail dont il est en quelque sorte le reflet conjonctif. Il est produit par des cellules qui, comme les adamantoblastes, reculent devant leur propre sécrétion. Or, ce recul est la véritable caractéristique du tissu ostéoïde. Ses éléments sont polarisés et sécrètent dans une seule direction, ce qui est conforme au processus ordinaire des sécrétions dures. K l a a t s c h considère le premier tissu mésodermique, formé dans ces conditions, comme vraisemblablement compact et dépourvu de toute inclusion. L'organe adamantin dirige la formation des autres tissus dentaires, et A. P r e n a n t considérerait la toute première couche de dentine comme formée par les adamantoblastes. Il ne peut donc se former, dans une telle dépendance de l'épithélium, qu'un tissu sans cellules. Il est hors de doute que, dans les dents du moins, le tissu ostéoïde est primitif. Et comme la calcification a commencé par l'extérieur chez les premiers Vertébrés, c'est-à-dire par les dents et organes analogues, il n'est

point hasardeux de considérer les tissus acellulaires comme ayant précédé l'apparition des éléments osseux avec cellules incluses. D'ailleurs chez les Invertébrés aussi les substances dures ne contiennent, en général, pas de cellules. En résumé, puisque la calcification s'est produite de l'extérieur vers l'intérieur, le tissu dur primitif appartient vraisemblablement aux variétés externes: émail et dentine. Le vrai tissu osseux se rencontre bien dans la peau, mais le tissu ostéoïde existe aussi dans les os profonds.

Le tissu osseux véritable contenant des ostéoblastes paraît n'être qu'une spécialisation plus tardive. L'englobement des cellules, accidentel dans le tissu ostéoïde, devient alors habituel; mais l'architecture du tissu n'est pas notablement modifiée. Nous verrons, à propos de la fibrodentine, que cet englobement des cellules est peut-être en rapport avec l'abondance des fibres conjonctives, lesquelles sont en plus grande proportion dans l'os que dans les dentines. L'absence ou la présence de cellules peut dépendre aussi de la vitesse de calcification, de la facilité ou des difficultés de la nutrition et d'autres facteurs. Elle ne semble pas avoir une importance fondamentale.

Il est aussi très vraisemblable que certains tissus osseux aient secondairement perdu leurs cellules. Ainsi les tissus ostéoïdes n'auraient pas toujours la même origine et pourraient résulter d'une simple convergence.

Il n'y a pas de différence essentielle entre ces deux modes de calcification. Mais on peut remarquer que la dentine sous toutes ses formes, sauf la vasodentine (qui n'est certainement pas une forme primitive), est caractérisée par des canalicules terminés à pointe perdue, sans anastomose. Il en est de même pour les autres tissus ostéoïdes. Le recul de la cellule est bien un caractère général, et le tissu ostéoïde est caractérisé par la polarisation de ses éléments formateurs, laquelle entraîne la localisation des cellules à la surface de la substance dure. Les deux modes de formation, avec cellules incluses à courts prolongements anastomosés, et avec cellules extérieures à longs prolongements à pointe perdue, peuvent coexister. Tel est le cas de l'isopédine des écailles ganoïdes. Les deux variétés de tissus durs mésodermiques ne sont donc nullement irréductibles l'une à l'autre. Un même tissu peut contenir des cellules et des prolongements de cellules non incluses; un tissu pourvu de cellules peut les perdre, et un autre, qui en est dépourvu, peut secondairement en acquérir.

On peut résumer ainsi l'évolution du squelette:

1° L'épiderme sécrète un revêtement calcifié: l'émail;

2° En contact avec l'épiderme (dents, écailles) ou même loin de lui (os), le mésoderme élabore un tissu (peut-être à l'image et le plus souvent sous l'influence de l'épiderme) sans cellules incluses. C'est la série des tissus ostéoïdes;

3° Par suite d'une complication ultérieure, les cellules calcifiantes, alors non polarisées, sont englobées dans la substance fondamentale. C'est le tissu osseux. Des modifications plus profondes, des remaniements produisent le véritable os haversien.

Ainsi le premier tissu ostéoïde serait dû à l'excitation sécrétrice et calcifiante de l'ectoderme. De même, le tissu osseux se développe souvent en contact et sous l'influence de germes dentaires (rostre de *Pristis* et de *Xiphias gladius*, vomer des Batraciens, etc.). En définitive, le tissu ostéoïde semble le plus primitif. Mais il peut exister des tissus ostéoïdes secondaires résultant d'une perte de cellules, de même que des tissus ostéoïdes très spécialisés peuvent exceptionnellement acquérir des cellules (dentine d'*Amia calva*). Les deux opinions mentionnées plus haut ne sont donc pas tout à fait inconciliables.

La paléontologie ne nous renseigne pas sur le tissu primitif, car les plus anciens Poissons connus montrent les deux modes de calcification, avec et sans cellules incluses. Rôse signale chez les Poissons du Silurien inférieur qu'il a examinés de la dentine et des tissus analogues, donc des tissus ostéoïdes. Et Vaillant a observé des ostéoplastes sur des débris osseux datant aussi du Silurien inférieur. Il signale aussi que sur les mêmes coupes O. Jaekel a reconnu des tubes de dentine et des cellules osseuses.

CHAPITRE II.

LES CELLULES DE LA DENTINE

On admet que l'orthodentine est produite par des cellules spéciales, les odontoblastes, alors que l'ostéodentine, comme les autres tissus ostéoïdes, résulte de l'activité des ostéoblastes. Il n'y a pas de différence essentielle entre ces diverses cellules qui toutes sont caractérisées par un recul devant leur propre sécrétion; elles ne restent donc

pas incluses dans celle-ci après calcification. Celles qui produisent l'orthodentine ne sont que les plus spécialisées de cette série. Les détails de leur structure et de leur fonctionnement peuvent varier; elles n'en forment pas moins un tout homogène et demeurent voisines de la vraie cellule osseuse.

La dentine ne contient pas de cellules. Les anciens auteurs ont décrit dans l'ostéodentine des cellules ou « corpuscules de Purkinje », mais il s'agit de granulations ou calcosphériles.

Depuis longtemps, les auteurs admettent que l'ivoire ne diffère pas essentiellement de l'os. Rétzius, puis Owen et enfin Ch. Tomes ont affirmé les transitions qui existent entre la dentine et l'os (la distinction entre tissu osseux et ostéoïde étant le plus souvent négligée). Bien que les opinions différassent beaucoup dans les détails, les anciens auteurs étaient d'accord pour affirmer les rapports étroits unissant ces tissus.

Les fibres conjonctives existent dans la dentine comme dans l'os. On voit dans les boucles de « *Raja clavata* » des faisceaux de fibres pénétrer dans la substance fondamentale de la dentine, de même que les fibres de Sharpey pénètrent dans l'os. Et l'ostéodentine montre souvent des fibres analogues, noyées dans la masse calcaire. Cette analogie entre les deux tissus peut être suivie dans toutes les formes de dentines, puisque l'orthodentine présente aussi une fine charpente fibrillaire.

L'absence de cellules ne caractérise pas les tissus dentaires et ceux-ci ne sont pas des tissus spéciaux sans analogue en d'autres régions de l'organisme, ainsi que l'on s'est plu parfois à les considérer. Ce caractère négatif ne modifie point l'architecture d'un organe. Ainsi, nous avons observé sur une même ichthyodorulithe (d'*Hybodus*?) des coupes, faites à la base, montrant des cellules osseuses et des coupes, faites à un niveau plus élevé, qui n'en montraient aucune, alors que l'aspect du tissu restait le même.

L'odontoblaste n'est qu'une cellule ostéoïde caractérisée par l'importance de son prolongement protoplasmique. Pouchet constatait qu'il n'y a pas de différence essentielle entre l'odontoblaste et l'ostéoblaste; « la similitude — dit-il — entre les deux substances (os et ivoire) s'accroît encore lorsqu'on examine certaines régions d'os et de ciment dans lesquelles les ostéoplastes offrent tous leurs prolongements orientés du même côté ». On sait aussi que la forme de l'odontoblaste varie selon que sa fonction est plus ou moins active; à son maximum d'activité, la cellule est large, elle s'allonge vers la fin de son fonctionnement. Les odontoblastes ont quelquefois

plusieurs prolongements, jusqu'à six, non pas des prolongements latéraux, souvent anastomosés avec ceux des cellules voisines, mais bien les longs prolongements qui donnent les fibres de Tomes. D'un autre côté, les ostéoblastes, ordinairement multipolaires, sont souvent bipolaires et unipolaires (Fig. 1). Dans la cavité médullaire d'un os jeune, ils présentent souvent un aspect allongé en pointe, et ils ébauchent une sorte de prolongement tourné vers l'os déjà formé.



Fig. 1. — Ostéoplastes.

A — Cellule osseuse multipolaire (*Mesodon*, os de la mâchoire);

B — Cellule osseuse bipolaire (*Mesodon*, os de la mâchoire);

C — Cellule osseuse unipolaire (*Ceratodus*, socle osseux de la dent).

Le noyau est alors relégué dans la partie la plus éloignée de l'os; l'aspect est celui de l'odontoblaste. Les cellules du ciment ou cémentoblastes, étoilées de très nombreux prolongements chez les Mammifères, n'en ont souvent qu'un seul chez les Reptiles. La base des dents de *Ceratodus*, constituée par une plaque de tissu osseux, renferme de nombreux ostéoplastes dont la majorité n'a qu'un prolongement. Et l'on rencontre ces ostéoplastes unipolaires isolément à la base de la syndentine des mêmes dents. Les cellules bipolaires sont fréquentes lorsque les lames osseuses sont minces; les ostéoplastes ainsi étirés n'ont que deux prolongements. Souvent, autour d'un petit canal osseux, on voit une cellule bipolaire courbée dont les prolongements forment un cercle. Des corpuscules, tout à fait semblables à des odontoblastes, se rencontrent dans les plaques den-

taires de *Protopterus*, au milieu de cellules osseuses ordinaires, mais leurs prolongements ne sont pas orientés selon une direction commune. Très souvent, les cellules osseuses, dans l'os des Poissons, possèdent un nombre de prolongements plus restreint que celles de l'os des Mammifères. Ainsi les ostéoblastes, très polymorphes, arrivent, en diverses circonstances, à prendre l'aspect des odontoblastes, et il y a toutes les formes de passage possibles entre ceux-ci et la cellule osseuse étoilée. Une analogie complète a été reconnue, par la plupart des auteurs, entre les cellules formatives de la dentine et celles de l'os. K l a a t s c h, établissant leur homologie, a proposé de les réunir sous le nom de *scléroblastes*.

Des canalicules, semblables à ceux de la dentine, ont été signalés par de nombreux auteurs dans les os de Téléostéens. R ö s e a décrit une structure à peu près identique à celle de la dentine dans le vomer du Brochet. S t e w a r t a également décrit une semblable structure chez *Fistularia*. Quoique beaucoup de ces fibres considérées comme protoplasmiques, se soient montrées être de nature conjonctive, il existe cependant, chez les Téléostéens, des fibres analogues aux fibres de T o m e s. S t e p h a n les a trouvées dans les os des Tétrodonites. Mais elles sont beaucoup moins fréquentes que chez les Ganoïdes. C'est dans ce dernier groupe que l'on trouve vraiment des os dont la structure est comparable à celle des tissus dentaires. Des cellules et canalicules semblables à ceux de la dentine ont été découverts dans les écailles et les os du crâne des Ganoïdes par W i l l i a m s o n. K ö l l i k e r, R e i s s n e r, H e r t w i g, N i c k e r s o n, ont signalé dans les écailles de *Lepidosteus*, des systèmes de tubes courant à travers les couches osseuses, en formant avec elles des angles droits et se ramifiant à leurs extrémités internes. G o o d r i c h a trouvé ces tubules chez les Amioides et les Lépidostéoides, non seulement dans les écailles, mais encore dans les os dermiques et même l'endo-squelette. Chez *Lepidosteus*, d'après S t e p h a n, ces fibres sont de grande taille: 500 μ de long et 4 μ d'épaisseur; chez *Amia calva* la taille est plus variable, l'épaisseur varie de moins d'un micron, à 6 μ , elles sont moins ramifiées. Les tubes sont occupés par les prolongements de cellules dont les corps restent à la surface de l'écaille ou de l'os. Ce sont, d'après G o o d r i c h, des cellules osseuses modifiées qui, au lieu d'être ensevelies dans la matière calcifiée, reculent et restent en dehors, tout en gardant leurs connexions, au moyen d'un long prolongement protoplasmique, avec les couches profondes de l'os. Cet auteur a nommé ces éléments *cellules lépidostéoides*. Ils possèdent les caractéris-

tiques morphologiques et physiologiques de l'odontoblaste. Leur rôle est également nutritif, mais peut-être non calcifiant. Ils coexistent avec les ostéoblastes, mais ne communiquent pas avec eux par leurs ramifications. Les auteurs qui les ont décrits ont, pour la plupart, fait ressortir leur ressemblance avec les tubes de la dentine. Hertwig a nommé odontoblastes les grosses cellules qui se trouvent à l'ouverture de ces canalicules.

L'accroissement de ces fibres se fait dans le même sens que chez celles de la dentine. Elles ne passent pas d'un système de Havers à l'autre. Il y a toutefois des exceptions à cette règle chez *Amia*, ce qui indique l'existence de propriétés végétatives. On ne sait si ces prolongements protoplasmiques sont des éléments acquis d'une façon secondaire ou des formations primitives. Mais ceci n'a qu'une importance relative. Il est surtout intéressant de constater, dans différentes parties du squelette, des différenciations cellulaires tout à fait semblables à celle qui caractérise les odontoblastes.

Les cellules lépidostéoiodes sont donc comparables aux cellules de l'orthodentine dont elles sont, pour d'autres tissus calcifiés, l'équivalent. La spécialisation des unes et des autres n'est pas isolée. Le fait que les cellules en sécrétant reculent est une propriété fort commune. Si l'on regarde les tissus ostéoiodes comme primitifs, on peut considérer les cellules extérieures à l'os avec leurs prolongements comme des éléments essentiels, mais passés au second plan par suite de l'apparition des ostéoblastes. Si on les considère comme secondaires, on ne comprend pas moins bien comment s'est effectuée la spécialisation. Puisque l'organe adamantin donne le branle à l'édification de la dent et joue le rôle d'excitant de l'activité sécrétrice vis-à-vis des cellules les plus externes de la papille, celles-ci vont donc sécréter dans la direction du tissu exciteur, donc vers la périphérie du germe dentaire. Sous la poussée des matières déjà plus ou moins dures ainsi produites, elles reculent vers l'intérieur où le tissu conjonctif peu dense n'offre pas la même résistance. Un prolongement subsiste dans la substance ainsi formée et s'accroît en direction centripète tant que dure cette élaboration. C'est ce prolongement, ou fibre de Tomes, qui calcifie la dentine sécrétée par l'odontoblaste. Ce recul se retrouve aussi dans l'ostéodentine où des cellules plates garnissent la surface des canaux, tandis que leurs prolongements seuls pénètrent dans les canalicules (Sternfeld).

La sécrétion de l'odontoblaste ne produit pas à elle seule la dentine. Cette cellule est bien une cellule sécrétrice, mais la substance sécrétée se loge entre les mailles d'un réseau de fibres conjonctives. Le

prolongement de l'odontoblaste n'est pas toujours englobé seul par la matière dure; dans les canalicules ainsi formés, des filets nerveux subsistent également dont les cellules demeurent sur le plan des corps cellulaires des odontoblastes. Nous verrons que cette fibre a en quelque sorte une activité indépendante et qu'elle peut s'accroître en sens contraire de la marche générale du développement.

Dans les écailles placoïdes, il semble que seules des cellules ostéoïdes banales et des fibres conjonctives contribuent à l'édification des tissus, les odontoblastes n'ayant qu'un rôle nutritif et calcifiant. Dans les boucles de *Raja clavata*, il existe des cellules à prolongements protoplasmiques ou odontoblastes et des cellules ou ostéoblastes aplaties en une couche serrée sur la surface de la cavité pulpaire. Celles-ci sont les cellules formatrices. Tandis que les odontoblastes, plus profondément enfoncés dans la pulpe et envoyant leurs prolongements au sein du tissu calcifié, ne jouent qu'un rôle nutritif et peut-être aussi calcifiant. Ces grosses cellules sont d'ailleurs peu nombreuses. Il y a donc une différence très tranchée entre les cellules formatrices de l'écaille et ses cellules nutritives. Alors que, dans l'orthodentine, toutes les cellules assument un double rôle, constructeur et nutritif-calcifiant, il y a, dans l'écaille placoïde, une sorte de cellules pour chacune de ces deux fonctions.

Puisque la cellule de la dentine ne diffère de la cellule osseuse que par un mode particulier de fonctionnement, on peut concevoir l'odontoblaste comme une modification de l'ostéoblaste. Mais nous avons admis, avec bien des raisons semble-t-il, que le tissu ostéoïde est plus primitif, plus élémentaire que le tissu osseux.

Dans la série des tissus de soutien, la cellule cartilagineuse, du moins chez les Vertébrés, est dépourvue de prolongements, alors que toutes les cellules osseuses en possèdent. Ce fait semble en relation de cause à effet avec la calcification et la non calcification du tissu. Les cellules des tissus calcifiés ont des prolongements qui conduisent les sels calcaires dans la substance fondamentale.

Les cellules osseuses possèdent des prolongements anastomosés. Elles sécrètent et calcifient en toutes directions et ainsi restent incluses dans le tissu définitif. Tandis que les cellules ostéoïdes, et en particulier celles de la dentine, ont des prolongements non anastomosés. Elles sécrètent dans un seul sens et ainsi ne restent pas incluses (si ce n'est accidentellement) dans le tissu définitif.

On peut donc classer ainsi ces divers éléments du mésoderme:

Cellules sans prolongements: Tissu cartilagineux;

Cellules à prolongements non anastomosés: Tissu ostéoïde;

Cellules à prolongements anastomosés: Tissu osseux.

Il semble bien que l'on soit en présence d'une complication croissante et que le tissu ostéoïde se place entre le cartilage et l'os. Et ce qui le caractérise, en définitive, ce n'est pas l'absence de cellules, laquelle est l'effet, non la cause, mais c'est la polarisation des cellules qui fonctionnent à la manière des éléments épithéliaux. Cette polarisation se révèle morphologiquement par la terminaison à pointe perdue des canalicules contenant les prolongements de la cellule.

Odontoplastes

Si les odontoblastes ordinairement reculent au fur et à mesure qu'ils sécrètent, il arrive, lorsque leur fonctionnement est rapide, qu'ils soient englobés dans la masse calcaire. De même que les cellules osseuses sont logées dans une cavité qui seule subsiste au sein du tissu mort et qui est l'ostéoplaste, l'empreinte de l'odontoblaste peut aussi subsister dans la dentine et la cavité ainsi produite est un *odontoplaste*.

Les cellules de l'émail ont été vues aussi englobées ou enchâssées dans l'émail humain. Il en résulte une anomalie dans la constitution des prismes (G. Rudas). Mais ces *adamantoplastes* sont exceptionnels et ne se rencontrent qu'à l'état pathologique.

Les odontoplastes ont été signalés dans des cas pathologiques et quelquefois à l'état normal. On les rencontre dans les défenses d'Eléphant où la croissance de l'ivoire est très active. Ils peuvent exister en même temps que des ostéoplastes, ou du moins des cellules sans caractères précis, dans la dentine secondaire. Ils ne sont nombreux, bien caractérisés et constants que chez les Squalés.

On observe sur les dents d'un grand nombre de Sélaciens, aux abords de la pointe et des tranchants, des corps de forme et de dimension constantes noyés dans la dentine. Il est aisé d'y reconnaître les empreintes laissées par les odontoblastes (Fig. 2). Ces cavités ou cellules sont plus longues que larges, le plus souvent arrondies ou piriformes, parfois vaguement coniques; elles sont pourvues d'un seul prolongement toujours orienté vers le tranchant ou la pointe de la dent. Cependant, ces prolongements ne sont pas toujours disposés dans le même sens que les canalicules ou fibres de la dentine. Ainsi, chez *Scapanorhynchus raphiodon*, la striation de la fibrodentine est normale à la surface alors que les prolonge-

ments des odontoplastes dirigés vers la pointe sont parallèles à la surface. Ils font donc un angle droit avec les autres éléments du tissu.



Fig. 2. — Odontoplastes dans la fibrodentine, (région du tranchant).

Carcharodon Rondeleti. — Actuel.

La longueur moyenne du corps de la cellule est de $30\ \mu$ (mesures extrêmes chez *Carcharodon Rondeleti*: $25\ \mu$ et $40\ \mu$; le prolongement peut atteindre dix fois la longueur de la cellule et son diamètre à la base est de $2\ \mu$ à $4\ \mu$). La surface de ces éléments présente un aspect chagriné; une striation en hélice indique une légère torsion. Ce même aspect se retrouve sur des ostéoplastes et certains cémentoplastes.

Lorsque les dents sont crénelées, les odontoplastes sont nombreux aux saillies des tranchants et alors très rapprochés de la surface. Lorsque les dents sont courbées dans le plan frontal et présentent deux tranchants, c'est en général au tranchant concave que ces corps sont particulièrement localisés. La présence des odontoplastes est nettement liée à la forme pointue ou tranchante de la dent. Ils

prédominant à la pointe dans les dents très pointues (Fig. 3), aux tranchants dans les dents très tranchantes, et aux saillies dans les dents crénelées. On les rencontre d'une manière à peu près constante à la périphérie des dents tranchantes de Squales. Ils n'existent qu'au sein de la dentine superficielle ou fibrodentine, et jamais dans les tissus plus profonds.

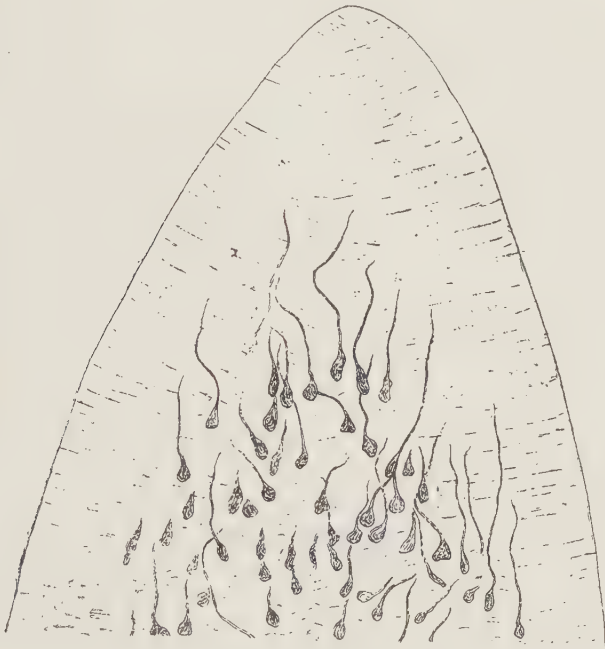


Fig. 3. — Odontoplastes (pointe de la dent).
Lamna cornubica L. — Actuel.

× 123.

L'englobement de ces cellules est évidemment lié à un accroissement intense des tissus. Dans la région des tranchants, les deux plans formés par la couche des odontoblastes se coupent; la marche de ces éléments est donc convergente et doit être rapide. Leurs trajets, n'étant point comme ailleurs parallèles, doivent plus ou moins, selon que l'angle est plus ou moins aigu, se couper et se confondre. Il en résulte un certain désordre dans l'accroissement du tissu, et l'on conçoit ainsi qu'au cours de la calcification, une partie des odontoblastes, gênés dans leur mouvement de recul, restent pris dans la substance dure. La présence de nombreux éléments fibril-

lares dans cette dentine doit également gêner la marche des cellules et favoriser leur arrêt. On sait que des odontoblastes peuvent rester parfois fixés à une couche de jeune dentine alors que les autres reculent. Ce fait se produit lorsque la croissance est rapide ou irrégulière. Quelques-uns demeurent ainsi un instant suspendus. Un processus semblable, mais intense, explique l'existence des odontoplastes.

Ces cellules sont localisées dans la fibrodentine. Sans doute, l'abondance des fibres conjonctives a favorisé l'englobement des éléments cellulaires. Le tissu fibreux, gênant les cellules sécrétrices, contribue à retenir celles-ci au sein de la substance dure. La plupart des tissus ostéoïdes dentaires sont relativement pauvres en éléments fibrillaires et leur charpente conjonctive est surtout constituée par de fines fibres élastiques. Or, la fibrodentine, qui est le seul tissu montrant nettement et en abondance de gros faisceaux de fibres, est aussi le seul qui contienne en quantité notable et d'une manière constante des odontoplastes. Nous avons peut-être là un aperçu de la manière dont le tissu ostéoïde peut devenir tissu osseux.

CHAPITRE III

OSTÉODENTINE

L'ostéodentine est le moins différencié des tissus ostéoïdes dentaires. Ch. S. T o m e s, qui ne distinguait pas entre tissus osseux et ostéoïdes, la décrivait comme tout à fait semblable à l'os. Elle constitue un massif sans cavité pulpaire et contient des fibres semblables aux fibres de S c h a r p e y. Elle est généralement recouverte d'une couche de dentine plus régulière ou d'émail.

Cette variété a été nommée *trabéculo-dentine* ou dentine trabéculaire par R ö s e. On sait que le tissu osseux présente deux principaux types de structure: l'un trabéculaire, l'autre haversien. L'ostéodentine est donc comprise et décrite comme un tissu ostéoïde développé en travées à travers une pulpe (Ch. T o m e s, S t e p h a n). Elle est toujours considérée comme étant de structure trabéculaire et remplissant une sorte d'espace pulpaire préexistant.

J. H. Mummery, dans son beau traité d'anatomie dentaire s'exprime ainsi: « In osteodentine there is no separate pulp cavity, but medullary spaces traversed by trabeculae of bony substance ». En réalité, l'ostéodentine n'a pas une cavité pulpaire unique, mais des canaux pulpaires que rien n'autorise à considérer comme développés secondairement, et sa structure se rattache nettement au type haversien¹). Les formes les moins différenciées de cette dentine possèdent les éléments caractéristiques du système de Havers. On ne pourrait considérer l'ostéodentine comme formée de travées qu'en négligeant les canalicules; or, ceux-ci en sont l'élément essentiel. Trois choses sont caractéristiques de la structure haversienne, et se retrouvent dans l'ostéodentine. Ce sont: les canaux, puis la lamination de la matière calcaire concentriquement à ceux-ci, enfin des canalicules qui ne s'anastomosent pas avec ceux du système voisin. Dans l'ostéodentine, les canaux sont bien, d'après tous les auteurs, semblables à des canaux de Havers. Autour de ceux-ci, la substance calcaire présente très souvent un aspect zoné. Bien qu'il ne soit pas toujours net, il est fréquent, bien visible chez *Otodus*, et Owen le mentionne souvent. Des canaux partent des canalicules branchus, fins et nombreux, qui ne s'anastomosent ni entre eux, ni avec ceux issus du canal voisin. On sait que les canalicules des ostéoblastes s'anastomosent entre eux dans le même système, mais non pas avec ceux du système voisin. Les « systèmes » ainsi constitués dans l'ostéodentine offrent donc les traits essentiels des systèmes de Havers, et on peut les appeler « systèmes haversiens » ou « pseudo-haversiens ». Ils ont une tendance très nette à s'individualiser. Au terme extrême de cette évolution, à la pointe de la dent

En décrivant une dent, quelle qu'elle soit, les histologistes en général partent de l'idée préconçue que toute dent possède une cavité pulpaire. Lorsqu'elle n'existe pas, on la considère comme virtuelle, et l'on dit que la pulpe a été remplie, oblitérée par un tissu ostéoïde. Cette pulpe est une abstraction, un abus de langage. C'est exactement comme si l'on admettait une cavité médullaire dans tout os et que l'on décrive un os de membrane comme ayant sa cavité médullaire remplie, effacée par du tissu osseux.

L'existence de cette pulpe abstraite accompagne logiquement la description du développement de l'ostéodentine par trabécules formés à travers elle. Ainsi deux notions fausses réagissent l'une sur l'autre, ce sont: la généralité de la cavité pulpaire et la structure trabéculaire des dentines. On ne sait laquelle est antérieure à l'autre. Ou bien la notion de pulpe a imposé la structure trabéculaire, ou bien la notion de dentine trabéculaire a nécessité l'existence d'une cavité pulpaire secondairement remplie.

d'*Hybodus* par exemple, on trouve un seul canal d'où partent des canalicules et autour duquel la substance fondamentale présente des zones concentriques. Cette dentine un peu particulière, mais non tout à fait distincte de l'ostéodentine, est bien nettement de type haversien. Or, ce n'est que par une régularité plus grande de sa structure qu'elle diffère de l'ostéodentine banale.

Le tissu ostéoïde montre, dans la série des dentines, une tendance nette à se disposer en systèmes pseudo-haversiens. Si les canalicules se régularisent fréquemment en surface, de manière à donner un tissu à tubes parallèles, ils se régularisent aussi et surtout autour d'un canal. La disposition régulière des canalicules n'est pas limitée à la périphérie, mais se trouve dans la profondeur et dans toute la dent. On peut donc dire qu'entourant un canal plus ou moins branchu comme le sont aussi ceux de Havers, communiquant avec lui seul, les canalicules de la dentine constituent bien un système en tous points comparable à un système osseux.

On peut difficilement parler de travées dans l'ostéodentine. Il semblerait plus logique de concevoir l'orthodentine comme un tissu ostéoïde réduit à une seule travée qui s'accroît d'un seul côté. Lorsque la structure de l'ostéodentine est un peu confuse, son aspect trabéculaire tient aux nombreuses ramifications de ses canaux, et même alors on observe que les canalicules issus de deux branches qui viennent de se séparer ne s'anastomosent point. Cependant les canaux eux-mêmes peuvent s'anastomoser et le font souvent à la périphérie.

Les canaux de l'ostéodentine ne sont pas purement vasculaires, mais médullaires. Leur contenu présente la structure et les éléments d'une pulpe. Il y a là des vaisseaux, des fibres conjonctives, sans doute pas de nerfs, et des cellules ostéoïdes qui ne sont pas restées incluses dans la substance calcifiée, mais sont collées aux parois et envoient des prolongements dans les canalicules. Ces canaux pulpaire ne contiennent, en plus du contenu ordinaire des canaux osseux, que les cellules ostéoïdes; la présence de ces éléments n'est que la conséquence de leur absence au sein de la substance dure. Ils ne correspondent pas complètement à la pulpe, bien que contenant comme elle les cellules qui ont élaboré le tissu, car celle-ci est innervée, tandis que les canaux de Havers, et nécessairement aussi ces canaux pulpaire, ne montrent pas de nerfs. Les canaux de l'ostéodentine sont, en définitive, *l'équivalent physiologique de la pulpe et l'équivalent morphologique des canaux de Havers*. Les systèmes qu'ils forment sont plus élémentaires, le plus souvent

moins bien délimités, mais leur individualité est nette, on ne peut douter qu'ils correspondent aux systèmes de l'os. La disposition branchue des canaux existe de même dans l'os. Leur substance calcaire est souvent dépourvue de zones concentriques, mais cette disposition lamellaire manque parfois aussi chez les Batraciens, et dans le tissu osseux des Poissons elle est rarement nette et souvent absente. On ne peut comparer les canaux ostéoïdes dépourvus de

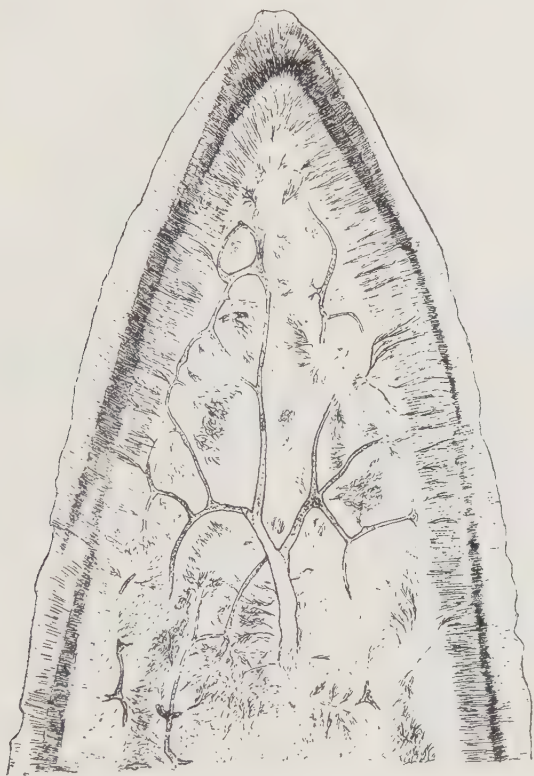


Fig. 4. — Pointe d'une dent à noyau ostéoïde (Lamnidé).
Scapanorhynchus raphiodon. Ag. (Cénomanién).

× 25.

zones concentriques aux canaux de Volkmann du tissu osseux des Vertébrés supérieurs, car ceux-ci ont un mode de développement tout particulier.

Les canaux pulpaire de l'ostéodentine sont arborescents. Leur calibre est généralement très fort à la base de la dent et diminue au fur et à mesure des divisions successives. Ils sont orientés selon

l'axe de la dent et présentent chez les Lamnides une tendance à se localiser, les gros troncs au milieu et les fines branches sur le pourtour (Fig. 4). Ces canaux peuvent même se réduire à un seul, dont le tronc est dans l'axe de la dent, et qui fournit des rameaux abondants. Les branches des canaux peuvent s'unir en un véritable réseau

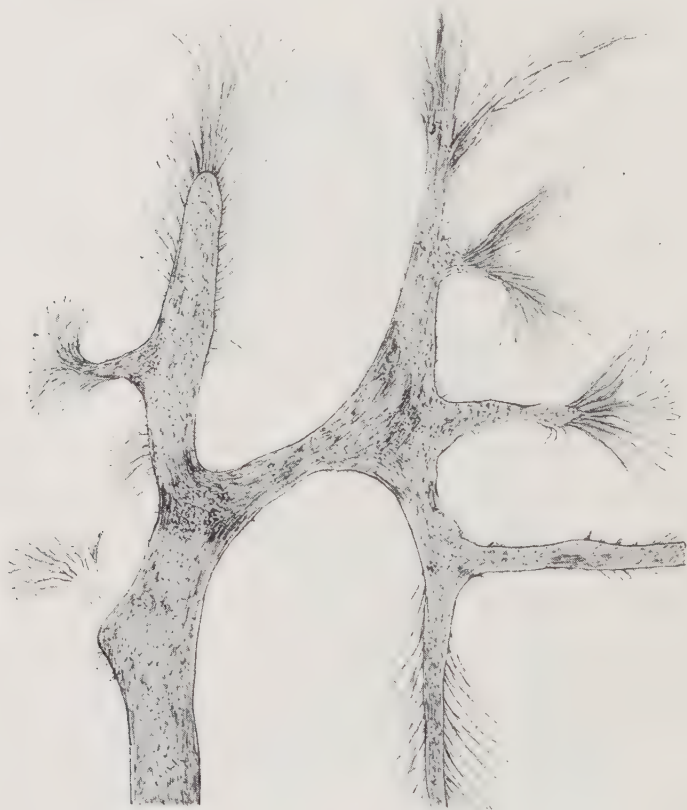


Fig. 5. — Canaux de l'ostéodentine avec canalicules en panaches.

Dactylodus concavus Frd. (Carbonifère de Russie).

× 48.

anastomotique (*Corax*). Les petites branches n'atteignent pas la limite du tissu et se résolvent en canalicules ou se dirigent parallèlement à la surface; fréquemment elles se courbent et se joignent en anses. Il en résulte, sur une coupe transverse, l'aspect d'un anneau ponctué, d'une sorte de grènetis, entourant le massif osseux et laissant à la périphérie une zone à canalicules seuls. L'anneau ainsi

déterminé par les coupes de canaux persiste et s'enfonce plus avant dans le massif osseux, la bande avasculaire périphérique devenant plus large chez les Notidanidés (Fig. 11). L'aspect arborescent est particulièrement net chez certains Hybodontes (*Acrodus*) (Fig. 6). En dehors de ce type d'ostéodentine à gros troncs pulpaire, on trouve un type à nombreux canaux plus petits, moins ramifiés, conservant à peu près, à tous les niveaux, le même calibre. Les systèmes ainsi constitués sont plus indépendants et plus égaux entre eux (*Otodus*).



Fig. 6. — Ostéodentine.

Acrodus minimus Ag. (Rhétien de Bourgogne).

× 40.

Des canaux pulpaire partent de nombreux canalicules longs et fins, tantôt disposés autour du canal d'une manière plus ou moins uniforme, tantôt groupés en faisceaux, parfois très nombreux et qui peuvent atteindre une ampleur considérable. En général, ces canalicules sont plus longs et plus nombreux vers la surface de la dent. Ils partent alors des dernières ramifications des canaux pulpaire. Ces canalicules, comme ceux de l'orthodentine, contiennent des prolongements des cellules formatrices ou des éléments fibreux. Leur

calibre est parfois excessivement faible et jamais assez fort pour qu'ils puissent contenir des éléments sanguins. Retzius a comparé les tubes de la dentine aux canalicules partant des corpuscules osseux. Ceux de l'ostéodentine sont à peu près de même nature que ceux de l'orthodentine et peuvent avoir la même signification. Mais leurs ramifications si nombreuses excluent toute idée de formation par recul. Leur rôle, s'il n'est au moins à un certain moment nutritif, doit se borner à la calcification. Owen leur avait donné le nom très expressif de « calcigerous tubes » que l'on peut regretter. Une partie de ces canalicules, vraisemblablement les plus ramifiés, a pu contenir seulement des fibres conjonctives. Ils peuvent servir de charpente aussi bien que de véhicules pour les sels calcaires. La substance interstitielle est entièrement parcourue, ou plutôt pénétrée, par ces canalicules. Ils s'y terminent toujours à pointe perdue, après avoir décrit des courbes variées, souvent très amples ou capricieuses, et s'être ramifiés d'une manière fort variable. Leur aspect présente d'ailleurs de nombreuses variations. Tout le long du canal, sont des canalicules trapus, courts et peu ramifiés, isolés. De distance en distance, à l'extrémité des canaux ou à leur courbure, ils sont groupés, formant des panaches très élégants, parfois considérables (Fig. 5).

L'ostéodentine peut constituer, à elle seule, toute la dent, sans tissu superficiel; c'est le cas chez un Petalodontidé: *Dactylodus*. Elle peut être régularisée à sa surface en pseudo-dentine (*Esox*) ou bien être recouverte d'une dentine de revêtement (Lamnidés). Plus rarement, l'ostéodentine est recouverte directement d'émail, lequel peut être un émail placode. Chez *Ancystrodon*¹⁾ (Fig. 50), l'ostéodentine n'est pas régularisée près de sa surface, laquelle est bosselée, présente des saillies. Les canalicules passent en grand nombre dans l'émail qui est du type tubulaire anhiste que nous étudierons chez les Amioides. La forme irrégulière du massif de dentine est peut-être ici en relation avec les caractères particuliers de cet émail qui se laisse toujours pénétrer par les éléments du tissu sous-jacent.

¹⁾ Les dents connues sous le nom d'*Ancystrodon armatus* P. Gervais se rencontrent dans le Sénonien et le Tertiaire inf. Elles ont été comparées aux incisives de *Pycnodus* par Priem. Mais leur structure est nettement différente de celles-ci et ne permet pas le rapprochement. On les a comparées aussi aux dents pharyngiennes des Balistes. Leur position est donc obscure. L'émail d'*Ancystrodon armatus* ressemble beaucoup à celui des Amioides, mais on ne peut classer cette espèce d'après ce seul caractère.

Dans la plupart des cas, l'ostéodentine est régularisée à sa surface et présente une zone avasculaire qui ressemble à une orthodentine. Mais ce tissu est si polymorphe, ses caractères sont si changeants qu'il est difficile d'en donner une description précise, valable dans tous les cas.

Ostéodentine méandriforme

Un aspect nettement méandriforme s'observe sur les coupes faites à la base des dents d'*Otodus obliquus* (Fig. 7). La dentine de cette espèce est constituée par un grand nombre de petits canaux et non par de gros troncs très ramifiés. A la pointe de la dent, on trouve un tissu où l'aspect osseux est particulièrement net. Les zones concentriques aux canaux y sont bien marquées.

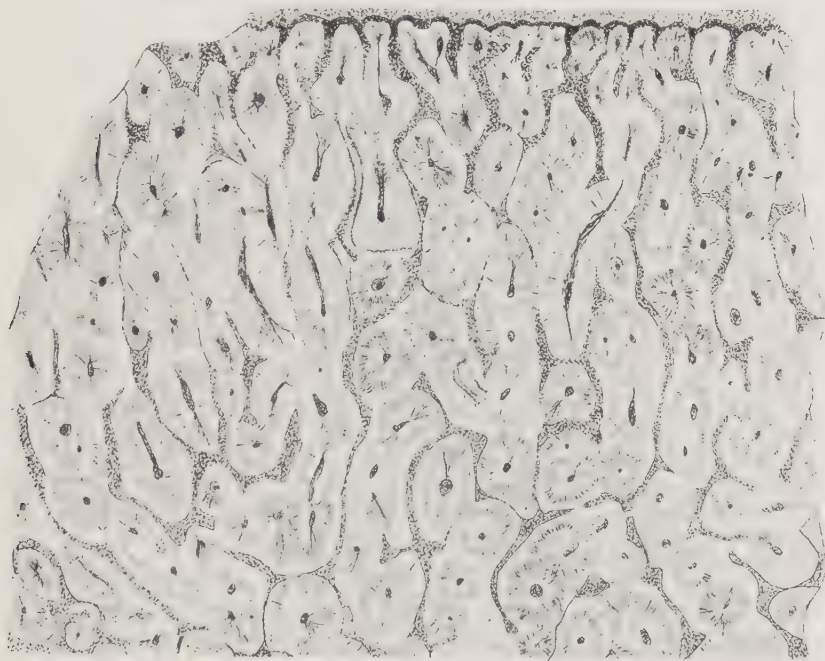


Fig. 7. — Ostéodentine méandriforme, coupe transverse.
Otodus obliquus Ag. Eocène (Phosphates d'Algérie).
 (La portion périphérique de la dent n'existe pas sur la coupe.)
 × 22.

La disposition méandriforme semble localisée à la base des dents à ostéodentine. L. Agassiz figure à la base des dents d'*Hybodus* cette structure en méandres.

Chez *Otodus*, les systèmes sont individualisés et en partie séparés les uns des autres par une zone granuleuse assez épaisse. Ils sont parfois aussi nettement séparés que le sont par une même zone sombre les systèmes de la syndentine de *Strophodus*. La même couche se retrouve à la périphérie, séparant la dentine profonde des tissus de revêtement. Ce ne sont pas tous les systèmes qui sont ainsi séparés, mais des groupes de systèmes disposés en longues bandes sinueuses, bordées par la substance sombre et se divisant. Des systèmes peuvent aussi se présenter isolément. L'allongement et les sinuosités des bandes ostéoïdes ainsi délimitées dessinent des méandres, et les soudures ou les interruptions qui se produisent en rendent la disposition capricieuse.

Cette image méandrique est sans doute due à une simple différenciation locale produite par la tendance qu'ont les systèmes à s'individualiser. Il se séparent les uns des autres par une couche plus granuleuse, sans doute parce que moins parfaitement calcifiée ou moins compacte. Ce processus peut donner soit une dentine composée d'un seul système, comme la pointe de la dent d'*Hybodus*, soit le tissu d'aspect colonial qu'est la syndentine, soit encore la dentine méandrique. L'individualisation des systèmes pseudo-haversiens se rencontre un peu partout à divers degrés. La dentine méandrique est donc liée à un phénomène général.

Dentine dendroïde

Une modification remarquable du tissu ostéoïde se rencontre chez un Crossoptérygien d'âge dévonien: *Dendrodus*. Cette dentine, déjà décrite par Owen, peut être placée à la suite de l'ostéodentine, quoiqu'elle en diffère peut-être suffisamment pour justifier une variété particulière. Elle résulte d'une différenciation analogue à celle qui produit la pseudo-dentine. Sa structure est fort compliquée.

Sur une coupe verticale de *Dendrodus biporcatus* (Fig. 8), on observe, au centre, quelques forts canaux pulpairens entourés de plusieurs petits et réunis les uns aux autres par des anastomoses transversales. Vers la base de la dent, il n'y a plus qu'un très fort canal au centre. La zone périphérique est formée de fins canalicules partant des canaux de la région centrale, très nombreux et parallèles, atteignant la limite externe de la dentine, laquelle est recouverte d'émail. D'autres coupes de même sens montrent des sortes de cannelures formées par des bouquets de canalicules disposés en piles régulières et coupées au même niveau. Cette coupe est d'ailleurs

difficile à interpréter. Beaucoup plus instructive est la coupe transverse (Fig. 9). On y voit un noyau central ostéoïde avec ses gros

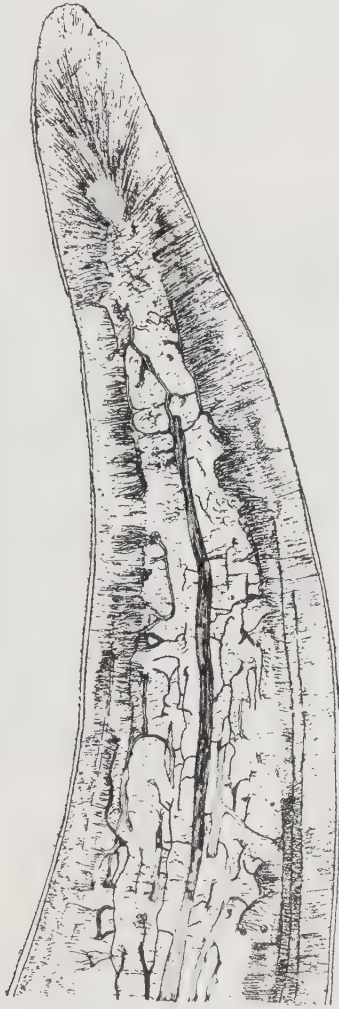


Fig. 8. — Dent de Crossoptérygien, coupe verticale (partie supérieure).

Dendrodus biporcatus Ag. Dévonien (Russie).

× 12.

canaux et leurs anastomoses transverses, le tout ayant parfois l'aspect d'un réseau. Des canaux de cette région centrale, lesquels courent selon l'axe de la dent, partent des canaux perpendiculaires et reliés

entre eux par d'importantes anastomoses verticales. Ceux-ci constituent la couche externe de la dent. Ils sont assez régulièrement coudés et portent à chacun de leurs coudes un long panache de canalicules. A l'extrémité distale du canal, se trouve un panache plus grand et plus large qui atteint la périphérie de la dentine. Le trajet en ligne brisée des canaux et la localisation des panaches aux saillants de leurs angles, en ordre alternant, produisent une disposition en épi. Les panaches doivent être régulièrement distribués et en quelque



Fig. 9. — Dentine dendroïde des Crossoptérygiens, coupe transverse, zone externe.

Dendrodus biporcatus Ag. Dévonien.

× 65.

sorte empilés les uns sur les autres selon l'axe de la dent, car les coupes verticales les recontrent en séries, les uns au-dessus des autres. Les panaches de l'intérieur (Fig. 10) sont composés d'un petit nombre de canalicules et leur luxuriance est due aux nombreuses ramifications de ceux-ci. Les panaches terminaux comprennent un nombre un peu plus grand de canalicules; ils sont disposés en éventail, alors que les premiers ont l'aspect d'une aigrette étroite et longue. La pointe de la dent est constituée par un énorme panache partant de l'extrémité supérieure des canaux médullaires et disposé comme les précédents avec des canalicules plus nombreux et plus longs.

Dans la substance interstitielle, entre les systèmes constitués par les canaux et leurs panaches, on observe des lignes de démarcation plus ou moins nettes qui divisent la dentine en secteurs, chacun de ceux-ci étant constitué par un système ostéoïde. Mais la disposition de ces lignes n'est pas très régulière. Il y a cependant là l'indication évidente d'une division de la dentine par des lignes rayonnantes. Ce sont ces vagues démarcations qui ont fait croire à Owen que

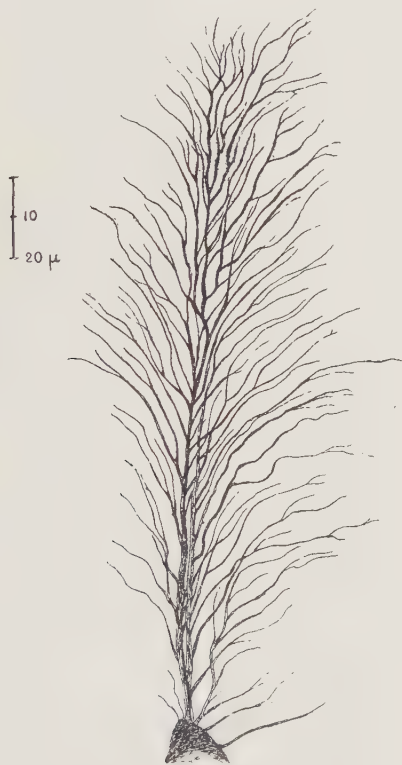


Fig. 10. — Canalicules en panache dans la dentine dendroïde.

Dendrodus biporcatus Ag. Dévonien.

la dentine des Dendrodontes était pénétrée par des rayons de ciment. Il n'y a en réalité qu'une zone granuleuse analogue à celle que nous avons rencontrée dans l'ostéodentine méandriforme et même quelquefois dans l'ostéodentine typique, et que nous retrouverons dans la syndentine. Ce n'est qu'une différenciation banale de la dentine, une couche granuleuse habituelle à la périphérie d'un système ostéoïde

et comparable à la couche de Tomes de l'orthodentine. Mais ces granulations ont été prises par Owen, comme en bien d'autres cas, pour des cellules osseuses, d'où l'hypothèse d'un ciment pénétrant. Il en est de même chez *Labyrinthodon* et J. Tomes a démontré que, chez ce Stégocéphale, les prétendus rayons de ciment n'étaient que des lignes de séparation entre des systèmes de dentine et constituaient seulement une zone granuleuse. Néanmoins Rösse a expliqué ces rayons comme dus au ciment qui s'introduit profondément dans les plis de la dent après dislocation de la gaine épithéliale. En réalité, il n'y a qu'une apparence, mais les auteurs ont toujours copié les observations d'Owen en même temps qu'une de ses figures et les rayons de ciment sont passés à l'état de tradition. Enfin, on a perfectionné la légende en remplaçant le ciment par de l'émail.

La dent de *Dendrodus* est recouverte d'émail placôide, mais celui-ci n'est pas visible sur les coupes transverses. Là il a toujours disparu au cours de la préparation, ce qui n'a rien de surprenant, car les tissus de revêtement, toujours friables et souvent peu adhérents, sont difficiles à obtenir en coupes transverses. Mais sur la coupe verticale, la couche d'émail est bien visible. Elle ne pénètre pas du tout dans la dentine où la polarisation ne montre aucun élément bi-réfringent. Il n'y a nulle part trace de ciment.

Une autre espèce, *Dendrodus strigatus*, décrite par Owen, est moins différenciée. L'ostéodentine centrale occupe une plus large place, les canaux perpendiculaires sont plus courts et plus branchus. D'après cet auteur, cette structure ressemble à celle des *Myliobates*, avec systèmes moins réguliers en forme et en dimension. La ressemblance, si elle existe, est fortuite. Le centre d'ostéodentine est plus considérable encore chez *Dendrodus hastatus* où il occupe les trois quarts du diamètre de la dent, où les canaux sont entourés de couches concentriques; les lignes de pseudo-ciment sont plus importantes dans cette dernière espèce que dans les précédentes. Ainsi, nous assistons, chez le genre *Dendrodus*, à une individualisation de plus en plus marquée des systèmes issus de l'ostéodentine banale. Ils deviennent plus longs et le tissu ostéoïde indifférencié diminue. Les canaux constituant ces systèmes restent attachés au tronc comme les branches régulières d'un sapin. Ces rameaux se multiplient, s'allongent jusqu'à une exubérance qui n'a pas d'analogue dans les autres groupes de Vertébrés.

On a comparé la dent de *Dendrodus* à celle de *Labyrinthodon*, et l'on peut être au premier coup d'œil séduit par cette comparaison.

Si l'on considère la structure la plus simple décrite chez *Labyrinthodon*, c'est-à-dire celle de *L. leptognathus*, il existe quelque ressemblance. Au lieu d'une ostéodentine centrale à quelques gros canaux c'est une seule cavité pulpaire étroite et anguleuse; les systèmes existent, mieux individualisés, avec canal moins divisé et plus régulièrement garni de canalicules. Cependant, il n'y a rien chez *Labyrinthodon* qui rappelle les panaches si caractéristiques de *Dendrodus*. Et surtout, il semble, d'après les figures, que les canaux transverses, qui, chez les Dendrodontes, partent des canaux axiaux du centre, soient remplacés chez les Labyrinthodontes par des plissements de la cavité pulpaire. En effet, chaque coupe les montre entiers, ce qui n'existe pas chez *Dendrodus* où ce sont de vrais canaux, généralement incomplets et différemment sectionnés par le plan de la coupe. Si, chez *Labyrinthodon*, ce sont des plis allant de haut en bas de la dent, ils correspondent à ce que Ch. Tomes décrit comme plicidentine et non à la dentine dendroïde. Mais nous n'avons pu étudier aucune dent de Stégocéphale, et nous devons, pour cette raison, nous abstenir de toute comparaison. La structure des dents de *Labyrinthodon* rappelle aussi bien l'ostéodentine méandriforme, et cette différenciation est peut-être aussi capable d'expliquer la « plicidentine » des Labyrinthodontes que la dentine dendroïde.

CHAPITRE IV

PSEUDO-DENTINE

Ce tissu a toujours été confondu avec l'orthodentine lorsqu'il constitue à lui seul une dent, ce qui est le cas chez les Carchariidés. C'est pourquoi nous lui avons donné le nom de *pseudo-dentine*.

Cette dentine est caractérisée par la régularité de ses éléments. Mais on y retrouve toutes les caractéristiques du tissu ostéoïde, et elle n'est, en définitive, qu'une différenciation de l'ostéodentine. Deux cas peuvent se présenter dans la disposition topographique, mais il n'y a pas lieu d'en faire deux variétés, toutes transitions existant et l'origine étant la même. Le premier cas est celui de la pseudo-dentine superficielle. C'est la couche à canalicules parallèles, sans canaux pulpaire, qui recouvre la véritable ostéodentine chez *Noti-*

danus par exemple (Fig. 11). D'autres fois, la ligne de démarcation, toute relative, est encore moins marquée, et il est impossible de distinguer où commence cette couche, qui n'a plus ainsi d'individualité (Fig. 6). Cette couche superficielle existe chez le Brochet et R ö s e la considérait comme odontoblastique. Il pensait qu'elle se calcifiait d'abord, étant élaborée par des odontoblastes, et qu'ensuite la pulpe était envahie par des travées ostéoïdes. Ce n'est là qu'une différenciation fréquente de l'ostéodentine qui, en règle générale,



Fig. 11. — Dent de *Notidanus*. Coupe transverse.

Notidanus primigenius Ag. Rupélien.

(Préparation communiquée par M. Leriche.)

× 36.

présente une couche externe où les canaux n'atteignent pas, et où les canalicules partant de ceux-ci sont parallèles. Si la différenciation en restait là, il n'y aurait pas lieu d'établir une variété de dentine.

Tout autre est le cas des *Carchariidés*. Là, le tissu ostéoïde typique est limité à la base de la dent, et celle-ci est constituée par un tissu sans canaux, à canalicules rayonnant autour d'une chambre pulpaire. C'est la pseudo-dentine proprement dite, laquelle a toujours été

décrite comme orthodentine. En coupe transverse, on voit une cavité centrale arrondie, régulière, tout à fait semblable à celle d'une dent de Mammifère, quoique de calibre un peu plus faible. Mais les canalicules qui en partent sont bien différents de ceux de l'orthodentine. C'est par ce caractère que l'on peut distinguer les deux tissus, en dehors de l'examen de la chambre pulpaire. Tandis que les canali-



Fig. 12. — Dent de Carchariidé. Coupe frontale.

Sphyrna prisca Ag. Miocène (Savoie).

× 11.

cules de l'orthodentine sont constitués par un tronc qui donne de petites branches partant à angles droits et se ramifie seulement près de sa terminaison, ceux de la pseudo-dentine sont rameux, se divisent, dès l'origine, en longues branches ramifiées à leur tour (Fig. 13). Ils n'ont donc pas de petites branches normales aux grandes, et il n'y a que vers la base un tronc principal. Les branches secondaires ne sont pas très nombreuses, leur marche est sinueuse, et elles se terminent en s'effilant généralement avant d'atteindre la surface ou la couche externe de la dent. Ces canalicules sont iden-

tiques à ceux qui partent des canaux ostéoïdes pour former la couche périphérique régulière et généralement aux canalicules de l'ostéodentine. Ils se ramifient en somme à la manière d'une branche d'arbre vite divisée en rameaux qui se terminent tous à peu près sur le même plan, alors que les canalicules de l'orthodentine ressemblent davantage à un sapin dont le tronc reste distinct jusqu'à l'extrémité supérieure de l'arbre et donne des branches beaucoup plus courtes que lui et perpendiculaires à lui. Les canalicules de la pseudo-



Fig. 13. — Canalicules de la pseudo-dentine.
(Carchariidé).

× 165.

dentine, enfin, sont beaucoup plus gros que ceux de l'orthodentine et plus irréguliers dans leur calibre. On rencontre parfois (*Hemipristis*) dans la pseudo-dentine des canaux assez forts pour avoir contenu des vaisseaux sanguins et qui constituent même des anses vasculaires (Fig. 14 et 15). Les canalicules de la vraie dentine sont plus simples, plus faibles, moins rameux que ceux de la pseudo-dentine. Il y a, en somme, simplification des canalicules depuis l'ostéodentine jusqu'à l'orthodentine. Rameux, exubérants dans le tissu ostéoïde, formant souvent de vastes panaches, ils deviennent

plus réguliers d'allure, de plus faible calibre, moins branchus et le tronc principal, droit et fin, prédomine.

Sur une coupe frontale de dent de Carchariidés, on observe une cavité pulpaire caractéristique (Fig. 12). Elle ne s'ouvre pas à la base comme celle des dents de Mammifères. Elle a, chez la plupart des genres de cette famille (*Carcharias*, *Sphyrna*, *Galeus*, etc.), la



Fig. 14. -- Canaux et canalicules dans la pseudo-dentine.

Hemipristis serra Ag., Miocène d'Amérique.

× 280.

forme d'un T renversé, dont la base est convexe vers le haut. La branche montante donne naissance à de longs canalicules, régulièrement distribués sur toute sa surface, et se termine en se ramifiant (Fig. 16). Chez presque tous les Carchariidés et chez *Scyllium* (Fig. 18), elle se divise largement à sa partie supérieure, donnant naissance à des branches de plus en plus fines qui ne s'anastomosent

pas entre elles, mais s'effilent ou se terminent brusquement, toujours à pointe perdue. Chez *Carcharias stellatus*, elle se divise en deux canaux plus petits, parallèles, qui bientôt se ramifient à leur tour. La branche horizontale de cette chambre pulpaire donne aussi naissance à des canalicules sur toute sa surface; ceux de la base sont courts et font rapidement place à une ostéodentine assez semblable à un tissu osseux. Cette cavité pulpaire close et ramifiée ne peut être



Fig. 15. — Anse vasculaire dans la pseudo-dentine.
Hemipristis serra Ag. Miocène d'Amérique.
 (La cavité pulpaire est au bas de la figure.)

× 58.

comparée à celle qu'entoure l'orthodentine. Elle est en tous points identique à l'un des canaux pulpaire de l'ostéodentine, et ses canalicules ne diffèrent en rien d'essentiel de ceux que l'on rencontre dans ce tissu et dans la pseudo-dentine superficielle. Elle a donc la valeur d'un canal pulpaire, lequel équivaut à un canal de Havers. La dent est formée, en ce cas, d'un système ostéoïde pseudo-haversien,

unique et très spécialisé; la cavité pulpaire n'est pas homologue à celle des Vertébrés supérieurs. Des zones concentriques autour de la pulpe s'observent très fréquemment, et la substance interstitielle est disposée en couches régulières. Cette cavité pulpaire peut être réduite à sa branche montante (*Hybodus*), laquelle peut être en communication avec les canaux du massif ostéoïde de la base (*Squatina*) ou encore avec des canaux superficiels un peu différenciés

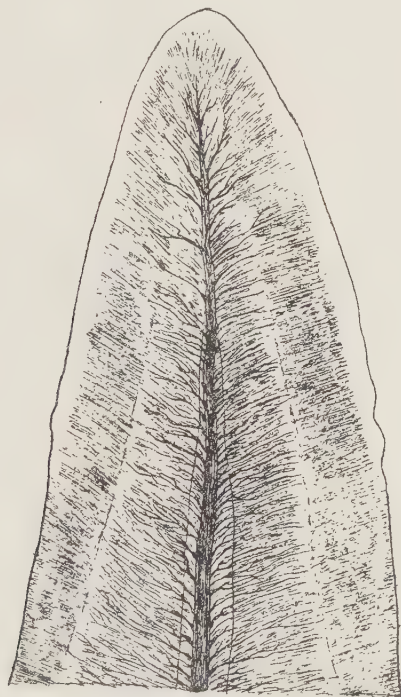


Fig. 16. — Pointe d'une dent de Carchariidé, coupe frontale.
Galeus cristatus Ag., Helvétien (Hérault).

× 30.

(*Hemipristis*). Elle est le plus souvent étroite et seulement renflée à la rencontre des deux branches. La forme la plus répandue chez les Carchariidés et familles voisines est la forme en T. Dans quelques genres, cette cavité s'élargit. Chez *Galeocerdo* (Fig. 19) où la pointe est peu élancée, la dent trapue, elle se termine à angle aigu sans se ramifier; elle ressemble ainsi, dans sa partie supérieure, à une cavité pulpaire d'orthodentine. Chez *Rhina*, d'après Owen, la cavité pulpaire est close, mais large et non ramifiée vers la pointe,

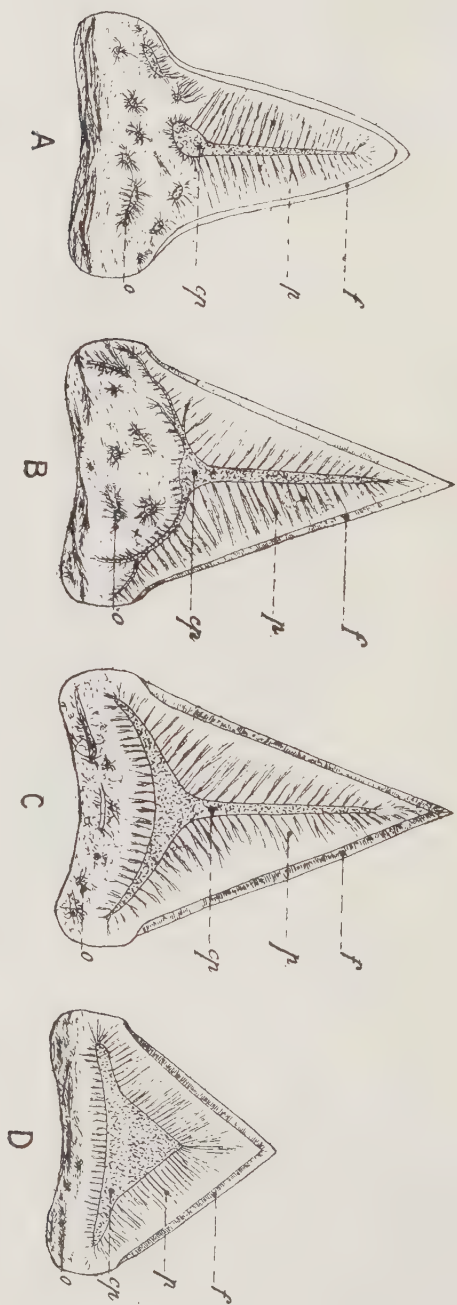


Fig. 17. — Évolution de la cavité pulpaire close. Demi-schématique.

A — *Hybodus*.

B — *Hemipristis*.

C — *Carcharidé* typique.

D — *Galeocerdo*.

o. — ostiodentine; c. p. = cavité pulpaire; p. — pseudo-dentine; f. = fibrodentine et émail.

ce qui tient, comme chez *Galeocерdo*, à la forme trapue et courbée de la dent. Owen reconnaît que cette cavité pulpaire est fermée, mais il attribue cette particularité à un processus secondaire. Elle aurait été obturée par l'ossification de la base de la dent. Une pareille explication, admissible dans ce cas peu typique, ne peut être invoquée pour la cavité pulpaire en T si bien caractérisée et de forme si constante.

Pour distinguer la cavité pulpaire de la pseudo-dentine de celle des autres dentines, nous la nommerons *cavité* ou *chambre pulpaire close*. Ce n'est qu'un canal pulpaire très développé, régularisé, mais identique à ceux du tissu ostéoïde banal. Nous en pouvons suivre le développement (Fig. 17). La disposition la plus primitive se rencontre dans le groupe des Hybodontes. Chez *Hybodus* ou *Orodus* dont les dents sont pointues, la base est constituée par un noyau d'ostéodentine régularisée à la surface en pseudo-dentine. A la partie supérieure de cette masse ostéoïde, un canal se détache et, avec ses canalicules, constitue la pointe, laquelle est ainsi faite de pseudo-dentine avec cavité centrale, en tous points semblable à celle des Cachariidés. La dent de l'actuel *Squatina angelus*, d'après la figure d'Agassiz, présente un canal pulpaire unique à la pointe, et celui-ci est en communication avec les canaux de la région basilaire. La pulpe est donc, comme chez *Hybodus*, constituée par un canal pulpaire différencié, mais en large communication avec les canaux indifférenciés de la base ostéoïde. Chez les Carchariidés, le genre *Hemipristis* présente une spécialisation moindre que *Carcharias*, intermédiaire entre celui-ci et les précédents. La partie inférieure de la dent est constituée par un noyau d'ostéodentine, lequel est entouré, du côté de la pointe, d'un réseau de canaux (visible en coupe frontale et en coupe sagittale) donnant naissance à des canalicules de pseudo-dentine. De la région supérieure de l'ostéodentine part une cavité pulpaire en communication avec les canaux bordant le noyau ostéoïde. Elle est un peu renflée à la base, s'amincit rapidement et se termine par de fines ramifications. Dans ces genres, la branche montante de la cavité pulpaire est constituée, mais la branche horizontale ne l'est pas. A sa place, chez *Hybodus*, est un noyau à peu près conique d'ostéodentine, dont, chez *Hemipristis*, les canaux périphériques supérieurs deviennent la branche horizontale, de forme encore mal définie, du T. Chez *Carcharias*, *Galeus*, *Sphyrna*, *Prionodon*, etc., la chambre pulpaire est constituée par deux canaux pulpaire, l'un horizontal, l'autre vertical (la dent étant en position morphologique, la pointe en haut) et dessinant à peu près

un T. Une modification ultérieure est produite par la suppression des ramifications de la branche montante. Celle-ci, chez *Galeocerdo*, est large, peu élevée, se terminant en pointe peu aiguë, ce qui est en



Fig. 18 — Terminaison de la cavité pulpaire close.
Scyllium (minutissimum?) Éocène. Phosphates d'Algérie.
× 270.

relation vraisemblablement avec la forme surbaissée de la dent et constitue une simplification secondaire. Ici, la branche montante ressemble à une pulpe typique et, comme la dentine est très régularisée, l'aspect de la dent de *Galeocerdo*, si l'on fait abstraction de sa base, est celui d'une dent à orthodentine.

Ainsi la cavité pulpaire close est d'abord réduite à la pointe de la dent et constituée par un système ostéoïde qui se dégage de l'ostéodentine, d'abord dans le sens vertical, puis dans le sens horizontal, alors que l'ostéodentine se réduit et n'occupe que la base de la dent. La figure deni-schématique 17 montre, avec évidence, que la chambre pulpaire n'est ici qu'un canal ostéoïde.

Il semble facile d'expliquer la genèse de cette structure. Il est évident que chez *Hybodus* ou *Orodus* l'existence d'une cavité pulpaire unique est liée à la forme pointue de la dent. Ce caractère ne se trouve pas chez les Squalés du même groupe, comme *Acrodus*, dont les dents ne sont pas pointues. Dans les dents pointues, le noyau ostéoïde, de ce fait allongé et rétréci, se réduit à un seul système, comme il arrive parfois dans les os longs et minces. Les facteurs mécaniques expliqueraient ainsi cette spécialisation. Mais l'explication est insuffisante, puisque le groupe voisin des Lamnides possède des dents de même forme et dont la structure est toute différente. Le même étirement s'est produit sur des dents de même taille, et il ne s'est fait aucune spécialisation des tissus dans ce sens. Il y a là deux séries parallèles dont les dents ont évolué d'une manière tout à fait différente quoiqu'elles fussent soumises aux mêmes actions mécaniques. Nous aurons, avec l'émail, l'occasion de voir que les dents de formes tout à fait différentes ont la même structure, et que, dans les tissus dentaires, les facteurs mécaniques ne peuvent expliquer les caractères histologiques. *La structure est indépendante de la forme.*

La pseudo-dentine, telle qu'on la trouve chez *Carcharias*, constitue donc une variété nettement distincte de l'orthodentine. Une preuve nouvelle et importante nous en est donnée par Ch. T o m e s, à l'insu de cet auteur. En critiquant la classification de R ö s e, basée sur les relations des tissus dentaires avec la gaine épithéliale, il fait observer que la dentine de *Carcharias* et celle des Lamnides sont absolument semblables quant à leurs relations avec cette gaine. T o m e s, qui considérait la dent de *Carcharias* comme formée d'orthodentine, conclut de cette identité que le critère choisi par R ö s e était sans valeur. Il est facile de retourner l'argument: Puisque la pseudo-dentine de *Carcharias* et l'ostéodentine des Lam-

nidés ont exactement les mêmes relations avec la gaine épithéliale, c'est que ces deux tissus sont de même nature. Selon R ö s e, la vraie dentine se développe immédiatement sous une gaine épithéliale, elle ne peut donc être surmontée que d'émail. Or, la dentine de *Carcharias* est recouverte de fibrodentine, laquelle est, au moins en partie, d'origine mésoblastique; elle ne peut donc pas être une vraie dentine selon le critère de R ö s e.

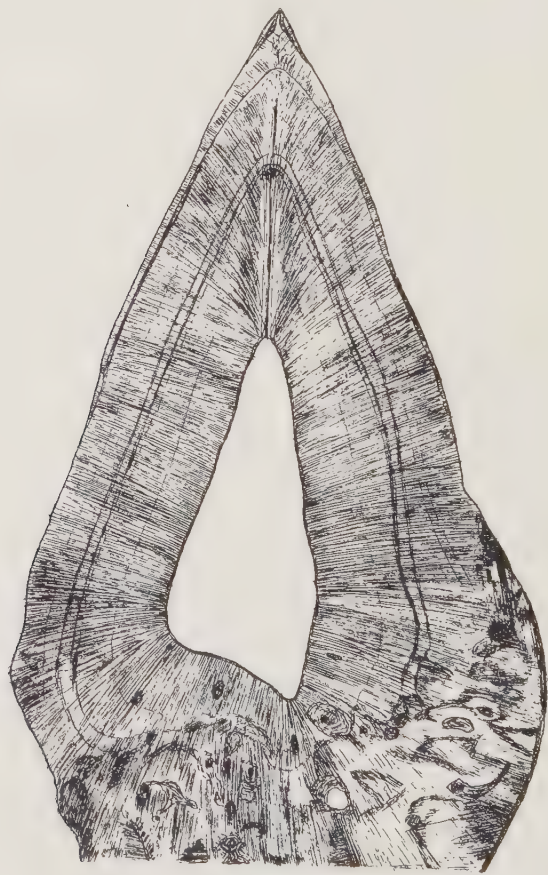


Fig. 19. — Dent de *Galeocerdo*, Actuel; coupe sagittale.
× 10.

Il semble que l'on puisse interpréter comme pseudo-dentine la dent de *Lepidosteus* dont Ch. Tomes a fait le type de sa plicidentine. La coupe transverse de la base (d'après la Fig. 62 du « Manuel » 8th ed.) montre un noyau d'ostéodentine d'où rayonnent

des canaux pulpaire formant des systèmes individualisés avec canalicules¹⁾. C'est le même processus que chez *Hybodus*, mais au lieu d'un seul canal qui se détache de la masse selon le grand axe, c'est une couronne de canaux qui rayonnent latéralement. A la pointe de la dent de *Lepidosteus*, l'ostéodentine a disparu, et il n'y a qu'un canal pulpaire fortement plissé. Il résulte peut-être de la soudure au centre de plusieurs de ces canaux rangés perpendiculairement à la surface du noyau ostéoïde observés plus bas et qui, le noyau étant sans doute conique, s'en détachent alors selon le grand axe. Cette spécialisation de l'ostéodentine est peut-être un phénomène général, analogue à ce que nous avons vu chez les Squalés. On peut aussi comparer la dent de *Lepidosteus* à la dentine dendroïde où des canaux radiaires, et vers la pointe axiaux, partent d'un centre ostéoïde.

En dehors des dents, nous pouvons interpréter comme pseudo-dentine le tissu principal des écailles placoides. Hertwig le considérerait comme plus primitif que l'orthodentine. Cet auteur décrit ainsi les écailles de Raies (*Scymnus*): D'une cavité pulpaire centrale partent quelques gros canaux. La plupart de ceux-ci se dirigent vers la pointe et se subdivisent de manière à devenir arborescents, et la périphérie de la dent est occupée par leurs plus fines branches. Cette structure correspond à une ostéodentine régularisée. Chez les Squalés (*Hypostoma*, *Hybodus*), le tissu des écailles présente la disposition de celui des dents de Carchariidés. La chambre pulpaire est simple; il en part des canalicules à peu près parallèles qui se divisent et remplissent toute l'épaisseur du tissu. Cette dentine des écailles, considérée par les auteurs comme une « *dentine primitive* » est donc bien comparable à la pseudo-dentine des dents. Elle se ramène à un tissu ostéoïde ou ostéodentine plus ou moins modifié. Ou bien les canalicules sont peu nombreux et très arborescents, chez les Batoïdes, ou bien ils sont nombreux et médiocrement ramifiés, avec chambre pulpaire plus étendue, chez les Squalés. La pulpe s'ouvre généralement à la base par plusieurs canaux; elle s'éloigne donc du type de l'orthodentine.

La pseudo-dentine à chambre pulpaire unique a toujours été considérée comme une véritable dentine odontoblastique. Si l'on ne

¹⁾ Ceux-ci n'ont pas été vus par Stephan chez *Lepidosteus osseus*, et cet auteur place le tissu principal de ces dents parmi la vasodentine. Il y a donc contradiction formelle entre ces deux histologistes, mais les arguments de ce dernier n'entraînent nullement la conviction.

tient pas compte de la topographie spéciale de la pulpe, il est aisé de confondre ces deux variétés. Ceci explique sans doute le fait, en apparence paradoxal, que parmi les tissus dentaires rencontrés chez les plus anciens Poissons siluriens, on trouve de l'orthodentine (Röse). En effet, si l'on coupe transversalement des dents du type de *Carcharias*, on observe une structure semblable à la vraie dentine. Mais on peut reconnaître la pseudo-dentine aux caractères toujours bien nets de ses canalicules.

CHAPITRE V

SYNDENTINE

Les larges dents plates des Psammodontes et des Myliobates sont constituées par des systèmes accolés comprenant chacun un canal pulpaire d'où partent des canalicules. Ch. Tömes, qui range la dent de *Myliobatis* dans la plicidentine, admet aussi qu'elle peut être regardée comme la réunion de denticules parallèles fusionnés. Cette origine coloniale est admise par Gegenbaur et Semon chez *Ceratodus*. Or, la structure est la même à quelques détails près chez ce Dipneuste et chez les Myliobates et Psammodontes. Il semble donc démontré que les dents larges « en pavés » de certaines Raies sont dues à la fusion d'un grand nombre de germes dentaires. Une plaque de tissu ostéoïde ou osseux constitue la base de ces dents. Le phénomène de concrescence est identique à celui qui a lieu dans les écailles. Là aussi, des écailles élémentaires, primitivement distinctes, se soudent et entre elles et à une plaque osseuse. Ainsi, chez *Psammosteus* (un Ostracoderme d'âge dévonien), des denticules dermiques constitués par de la dentine et semblables à des écailles de chagrin se soudent à une couche de tissu osseux trabéculaire et forment des plaques solides. Les dents composées de *Ceratodus* se sont formées de même. Semon a décrit, chez le jeune *Ceratodus*, des denticules non soudés les uns aux autres et réunis, par leur base, à une plaque osseuse de structure trabéculaire. Chez l'adulte (Fig. 20), on observe une plaque osseuse épaisse formée de travées et contenant des cellules. Au-dessus, est une couche formée de

canaux pulpaux branchus et parallèles d'où partent des canalicules qui plongent dans la substance fondamentale. Il est évident que chacun de ces systèmes équivaut à un denticule simple. C'est ce tissu que nous nommons syndentine. Il ne se rencontre que dans les dents de forte taille et surtout les dents en pavés.



Fig. 20. — Fragment d'une dent composée.
Ceratodus Kaupii Ag., Lettenkohle (env. de Stuttgart).
(En haut, syndentine; en bas, socle osseux.)

× 14.

Le type classique de ces dents composées est *Myliobatis*. La base de la dent est constituée par un tissu ostéoïde. Il en part des canaux d'assez fort calibre, tous semblables, qui se dirigent parallèlement vers la surface masticatrice. De chacun de ces canaux, partent des

canalicules qui ne s'anastomosent pas avec ceux du canal voisin. En coupe horizontale, les systèmes formés par les canaux et leurs canalicules sont serrés les uns contre les autres et hexagonaux. Il en est de même chez *Pristis*; mais lorsque les canaux sont plus espacés, les systèmes sont arrondis et non limités. Ils se disposent, chez les *Myliobates*, comme des alvéoles d'abeilles parce qu'ils sont serrés les uns contre les autres et avec une substance interstitielle peu abondante.



Fig. 21. — Dent de *Psammodus specularis* Ag., Carbonifère de Russie.

× 15.

Chez *Psammodus* (Fig. 21), les systèmes ne sont pas nettement délimités, mais noyés dans une abondante substance interstitielle. De la plaque basale ostéoïde, partent des canaux souvent bifurqués, mais non ramifiés; ils donnent naissance à des canalicules droits, souvent bifides qui, après un assez court trajet, se perdent dans la substance calcaire (Fig. 28). Les canaux sont placés à peu près à égale distance les uns des autres, et les canalicules se terminent bien en deçà des limites des systèmes voisins. Il n'y a aucune solution de continuité entre ceux-ci. La masse calcifiée est homogène, et les canalicules y sont beaucoup plus rares et beaucoup moins divisés que chez *Myliobatis*. Les canaux sont remplis de granulations d'autant

plus fines et serrées que l'on approche des bords. A l'intérieur du canal, on observe un vaisseau (Fig. 27) du calibre d'un capillaire, assez fort à la base, et qui s'effile, se divise et enfin se ramifie abondamment vers la surface. Il donne naissance, sur toute sa longueur, à des branches qui courent parallèlement à lui dans le canal, se ramifient abondamment et même franchissent les limites du canal et pénètrent dans la substance interstitielle sur une courte distance.



Fig. 22. — Dent de *Ptychodus mammillaris* Ag., Turonien (Silésie).

× 10.

Ces vaisseaux, situés dans une pulpe, semblent des vaisseaux sanguins. Cependant il n'y a qu'un vaisseau par canal et ses terminaisons, très fines, se font à pointe perdue. Ce ne sont point là des caractères de capillaires sanguins. Si d'ailleurs le calibre est bien celui d'un vaisseau sanguin vers le milieu de la dent, il se réduit bien au-dessous de la dimension d'un globule rouge dans ses branches

Fig. 23. Plaque dentaire d'*Actobatis* sp. Helvetic
(Hervault).



terminales. Ces vaisseaux s'observent très bien sur l'exemplaire étudié, car ils sont, ainsi que leurs ramifications, de couleur brune, alors que le reste de la dent est noir ou gris. Dans le canal même la teinte est d'un gris bien plus clair que dans la substance interstitielle.

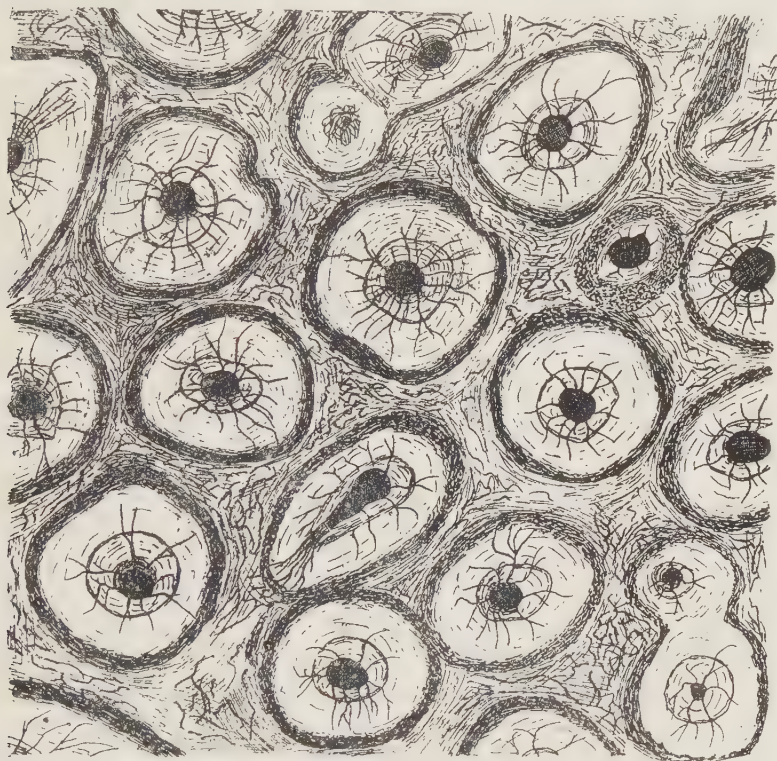


Fig. 24. — Syndentine, coupe transverse aux canaux.
Strophodus reticulatus, Callovien.

× 75.

Cette même structure se retrouve chez *Strophodus* (Fig. 24). En coupe transverse, on voit, autour de chaque canal pulpaire, une auréole sombre indiquant une zone où la substance calcaire est plus compacte. Les systèmes, ainsi isolés en apparence, sont circulaires; la substance interstitielle est abondante; elle contient des fibres semblables à des fibres élastiques disséminées, nombreuses, ne formant pas un réseau continu. Un vaisseau, semblable à ceux de *Psammodus*, est bien distinct au centre du système. Son calibre

est fort à la base de la dent, il s'effile, donne des branches latérales nombreuses, et, non loin de la surface masticatrice, il se divise en branches fines qui se terminent à pointe perdue (Fig. 29). Autour de ce vaisseau, est une zone claire qui est le canal pulpaire; il en part des canalicules non colorés, donc peu distincts, alors que le vaisseau, d'une teinte foncée, imprégné de quelque substance minérale, sans doute ferrugineuse, est très nettement observable. Les canali-



Fig. 25. — Terminaison des canaux de la syndentine.
Myliobatis sp.

× 65.

cules visibles sur la coupe transverse partent probablement du vaisseau. La limite du canal pulpaire est indécise. Les systèmes sont séparés par des amas de fibres noyés dans la substance fondamentale.

La structure est la même, dans l'ensemble, chez *Ptychodus mammillaris* (Fig. 22) dont les dents ont une surface masticatrice bombée et garnie de replis saillants. Les canaux pulpaires ne sont point parallèles, mais disposés en éventail. Il semble qu'il y ait, dans la région moyenne de la dent, des canaux pulpaires à demi effacés par la calci-

fication et dont des vaisseaux, semblables à ceux que nous avons vus, se détachent pour se terminer en arborescences. Ils se ramifient d'une manière compliquée, et leurs dernières branches finissent en pointes (Fig. 26). Les systèmes très peu nets sont à peu près confondus vers la base qui est formée d'un tissu ostéoïde à grandes lacunes; près de la surface, ils sont séparés les uns des autres par une subs-



Fig. 26. — Terminaison d'un canal de syndentine.
Ptychodus mammillaris Ag., Turonien (Silésie).

× 230.

tance plus claire. Ils ne sont alors constitués que par les ramifications fines d'un vaisseau entourées d'une substance foncée sans limites ni canalicules nets.

C'est le même tissu qui constitue les dents du groupe paléozoïque des *Cochliodontidés*. Chez *Xystrodus planus* (Carbonifère d'Irlande), il présente les mêmes caractères que chez *Psammodus*. La substance

interstitielle est abondante et les canaux pulpaire d'un assez faible calibre (Fig. 29).

La syndentine est un tissu formé par des germes dentaires primitivement distincts et ensuite fusionnés. Chacun de ses systèmes est comparable à une dent simple, formée d'un système ostéoïde, c'est-à-dire de pseudo-dentine, telle que la dent d'un Carchariidé. Le canal pulpaire, les canalicules, parfois les zones concentriques de la substance fondamentale sont tout à fait semblables dans les deux tissus. Dans la syndentine, des denticules, constitués chacun par un système pseudo-haversien, sont soudés entre eux et fixés sur une plaque basale de tissu ostéoïde ou osseux à la manière des écailles composées.

Le développement des dents de *Ceratodus* confirme cette manière de voir. Par contre, R o s e a décrit le tissu des dents de *Myliobatis* comme se formant par des travées développées à la périphérie ou à l'intérieur des systèmes ostéoïdes. Mais Ch. T o m e s a réfuté facilement cette interprétation.

Les systèmes sont nettement séparés. O w e n et Ch. T o m e s ont décrit des anastomoses entre canalicules de systèmes voisins chez *Myliobatis* et *Pristis*. Nous n'avons rien observé de tel. Chez *Pristis*, les canaux eux-mêmes s'anastomosent parfois, d'après O w e n. Chez *Psammodus* et *Strophodus*, les canalicules ne franchissent pas et en général atteignent à peine les limites du système; il y a, de plus, une abondante substance anhiste isolant les systèmes les uns des autres. Le cas de *Myliobatis* est moins net, car les canalicules sont très nombreux et les systèmes très voisins, sans interposition d'une zone neutre notable. Cependant, on ne voit pas d'anastomoses, pas même sur les figures de T o m e s. Ces systèmes de syndentine équivalent chacun à un canal pulpaire avec ses annexes tel qu'on le trouve dans l'ostéodentine. Dans l'un et l'autre tissu, les canalicules se terminent toujours à pointe perdue. O w e n dit que, chez *Pristis*, les canalicules s'anastomosent dans les limites d'un même système et non entre systèmes voisins. Si ce fait est exact, il rapproche encore davantage le système de syndentine de celui de H a v e r s. On sait, en effet, que les canalicules des ostéoplastes s'anastomosent entre eux dans un même système haversien, mais non avec ceux des systèmes voisins. Il n'y a pas, en définitive, dans la syndentine d'exception à la loi de non anastomose entre systèmes haversiens ou pseudo-haversiens.

Sur les coupes de *Psammodus* et *Strophodus*, on voit nettement un vaisseau semblable à un capillaire sanguin à l'intérieur du canal pulpaire. Ce vaisseau est unique et se termine, après ramification,

a pointe perdue. Ce n'est donc pas un vaisseau sanguin, du moins du type ordinaire. Chez *Myliobatis*, il ne se ramifie pas ou peu, mais forme un léger renflement au-dessous de la surface, et la couche la plus extérieure n'est ainsi parcourue que par les canalicules (Fig. 25). Le vaisseau se termine en massue, mais toujours à pointe perdue. Dans aucun type, le vaisseau de la pulpe ne forme une anse. Bien que, d'une part, il semble que ce soit là un vaisseau sanguin et que, d'autre part, ses caractères soient exceptionnels, il faut observer que la terminaison à pointe perdue est générale parmi les éléments des tissus dentaires. Tous les canalicules se comportent ainsi. La cavité

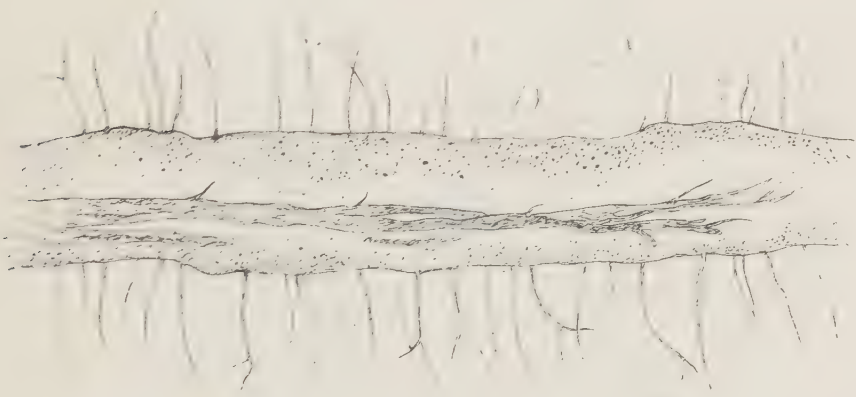


Fig. 27. — Un canal de la syndentine, coupe longitudinale près de la surface.

Psammodus specularis Ag., Carbonifère de Russie.

× 250.

pulpaire des Carchariidés se termine de même par une arborescence complexe où les branches ne s'anastomosent jamais. On peut rapprocher cette structure de la terminaison des canaux ou vaisseaux de *Ptychodus* et des vaisseaux des pulpes de *Strophodus*. Dans la vasodentine, on observe aussi des pointes se perdant au sein de la substance dure et parties des canaux vasculaires. Enfin, dans certains réseaux capillaires, chez les Batraciens, on observe des diverticules borgnes. Mais les vaisseaux à pointes perdues de la syndentine ne sont pas de simples diverticules; leur longueur est considérable, puisqu'ils vont de la base à la surface de la dent, laquelle a souvent un centimètre de hauteur.

Quoi qu'il en soit de la nature de ces vaisseaux, ils sont distincts des canaux pulpaire. On les voit se réunir en gros troncs dans la

plaque ostéoïde basale, chez *Xystrodus* par exemple. Il se pourrait qu'ils constituassent de longs diverticules à un réseau capillaire de calibre assez fort. Les canalicules homologues de ceux de l'ostéodentine partent du canal, mais du vaisseau partent aussi des branches, moins nombreuses et moins régulières, qui peuvent pénétrer dans la substance fondamentale. Chez *Psammodus*, le trajet des canaux pulpaire est des plus nets. Sur une coupe faite à travers une dent bien conservée de *Myliobatis* sp. (Fig. 25) où les vaisseaux se

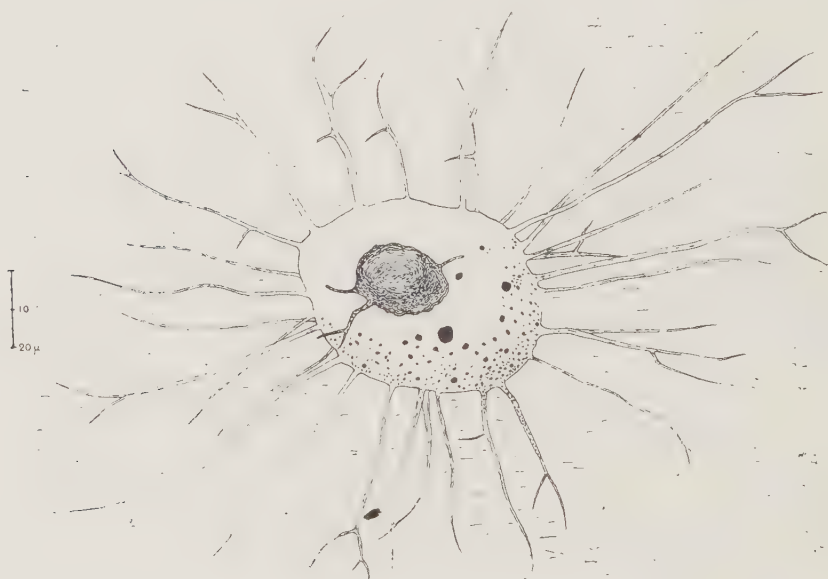


Fig. 28. — Un canal de la syndentine, coupe transverse.
Psammodus specularis Ag., Carbonifère de Russie.

terminent en massues, on voit que les canalicules ne partent pas de ceux-ci, mais de canaux les contenant et qui se sont effacés. Chez *Ptychodus*, il est difficile de distinguer les limites des canaux pulpaire. Ceux-ci sont donc quelquefois effacés. On sait que dans la dent fonctionnelle, et même dès que son développement est terminé, ces canaux se calcifient aussi. Lorsque la dent s'use, les pulpes qui de ce fait sont sectionnées et béantes s'obturent par un dépôt calcaire comme le font les canaux de Havers des andouillers de cerfs prêts à tomber. Cette surcalcification du canal pulpaire peut se produire plus tôt. C'est le cas général, d'après Owen, dans les dents fonction-

nelles de ce type, la lumière du canal se remplissant de lamelles concentriques en proportion du degré d'usure de la dent. Ce processus explique la conservation des vaisseaux dans ce canal. Les granulations ou les calcosphérites qui remplissent souvent celui-ci attestent



Fig. 29. — Terminaison du vaisseau inclus dans le canal pulpaire.

A — Chez *Xystrodus planus* (Carbonifère d'Irlande).

B — Chez *Strophodus longidens* (Bathonien, Sarthe).

× 290.

l'intensité du processus de calcification à ce niveau. L'hypercalcification étant très poussée, le canal se confond avec la substance fondamentale. Ainsi s'explique le fait que, chez *Myliobatis* sp., les canalicules semblent partir d'un canal aux limites effacées, alors qu'il

n'en part point du vaisseau resté visible. Chez *Strophodus* et *Psammodus*, les canalicules obturés de bonne heure par la surcalcification ne renferment que quelques granules et pas de matière colorée; ils sont ainsi peu visibles. Au contraire, les branches parties du vaisseau sont imprégnées d'une substance brune, sans doute un sel de fer, qui les a pour ainsi dire injectés et rendus très visibles. Ainsi le phénomène d'hypercalcification a rempli, quelquefois effacé le canal pulpaire, oblitérant les canalicules dont le rôle calcifiant était d'ailleurs terminé. Ce processus a permis la conservation de parties molles telles que des vaisseaux peut-être sanguins, qu'il a emprisonnés et pétrifiés.

Les dents composées des Raies peuvent à leur tour se souder entre elles. Chez *Aetobatis* les longues dents formées de syndentine se soudent entre elles et forment une plaque arrondie. La Fig. 23 montre une coupe de cette plaque faite perpendiculairement aux dents dont elle est la réunion. On distingue bien les dents simples avec leur base de tissu ostéoïde et leurs canaux pulpaires. Il y a là une soudure à deux degrés.

Les dents formées de syndentine ne sont pas recouvertes d'émail. On signale un émail de type particulier chez *Cestracion*; mais on ne l'observe pas chez *Strophodus* ni chez les *Psammodontes*. La couche à canalicules parallèles qui forme la surface de la dent non usée des *Myliobates* est une pseudo-dentine, simple régularisation de la dentine sous-jacente. Il semble bien que ces dents composées ne se soient pas formées sous une gaine épithéliale. Le revêtement d'émail leur manque. Les dents fossiles sont pour la plupart fonctionnelles, donc plus ou moins abrasées, et cette couche a pu disparaître, mais on trouve aussi des dents intactes et toujours sans émail.

Dentine de *Ptyctodus*

Chez un Holocéphale du Dévonien: *Ptyctodus calceolus*, on observe une structure aberrante. Comme les dents sont larges et plates, on peut les supposer composées, et ranger leur tissu dans la syndentine. Mais il n'en a point les caractéristiques (Fig. 30).

Cette dentine contient des canaux de calibre décroissant de la base à la surface triturante, très anastomosés entre eux, et si abondants que la substance fondamentale est très réduite, surtout à la base. Ces canaux, d'abord très confus, inextricablement emmêlés, deviennent à peu près parallèles dans la région distale où ils ont à

peu près l'allure des canaux de la syndentine. Ils semblent dépourvus de canalicules. On distingue seulement dans la matière calcifiée des éléments fins et ramifiés, disposés en tas et sans ordre qui sont vraisemblablement des fibres. Il y a, autour des canaux, l'indice vague d'une disposition zonée de la matière calcifiée. Sans doute, il y a corrélation entre le grand nombre de canaux et l'absence de canalicules. La calcification a dû se faire sans l'intervention de ces derniers, comme dans la vasodentine. L'existence de dentines à

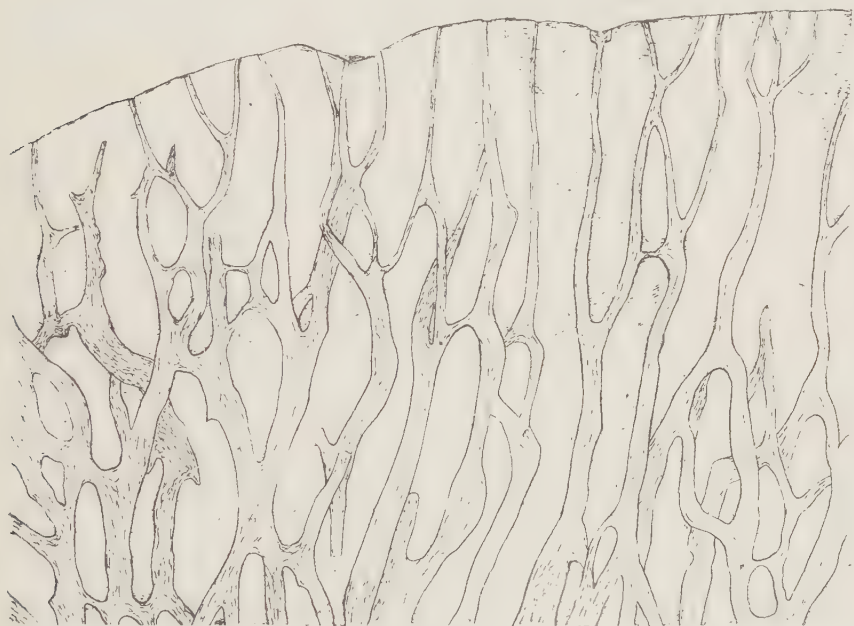


Fig. 30 Dentine à canaux anastomosés d'un Holo-céphale.

Ptyctodus calceolus Newb. Dévonien des États-Unis d'Amérique.

Coupe transverse, près de la surface.

× 33.

canaux et sans canalicules montre que ceux-là comme ceux-ci peuvent jouer un rôle calcifiant. Les canaux de *Ptyctodus*, comme ceux de la vasodentine, sont peut-être purement ou surtout vasculaires. Leur irrégularité ne permet pas de se prononcer.

Il y a, sans doute, chez *Ptyctodus*, une fusion des germes dentaires plus accentuée que dans la syndentine ordinaire, comme il arrive dans les plaques dentaires qui ne montrent plus de denticules distincts

(*Chimacra*, *Diodon*, *Protopterus*, etc. . .). Quoi qu'il en soit de son origine, les anastomoses entre canaux et surtout l'absence de canalicules que n'explique nullement une fusion plus avancée des germes, font de ce tissu une dentine bien particulière. De même que la syndentine typique peut être regardée comme la fusion de denticules comparables chacun à une dent à pseudo-dentine, la dentine de *Ptyctodus* peut être considérée comme la fusion de denticules comparables chacun à une dent à vasodentine. Le mode de calcification est assurément semblable à celui de cette dernière variété. Et l'on peut placer la dent de *Ptyctodus* près de l'une ou l'autre de ces dentines.

CHAPITRE VI

VASODENTINE

Owen classait sous ce nom une partie de l'ostéodentine, et aujourd'hui encore bien des auteurs confondent ces deux tissus, quelquefois sous le nom de dentine vasculaire. C'est Ch. Toms qui a défini d'une manière précise la vasodentine, en a fait un tout cohérent, lui assignant les caractères sous lesquels nous la connaissons. Stephan a eu le tort de rejeter la définition de Toms et de revenir à celle, assez vague, d'Owen. Il n'y a aucun motif de ne pas accepter cette variété telle que l'a définie Toms et qui est peut-être ainsi la plus homogène de toutes les dentines. C'est un tissu dur disposé autour d'une cavité pulpaire unique et contenant des *canaux vasculaires sans canalicules*. On ne le rencontre que chez les Téléostéens; il n'apparaît qu'au Crétacé où Röse le signale chez *Empo* et *Pachyrhizodus*.

La vasodentine diffère essentiellement de tous les autres tissus dentaires mésoblastiques. Elle est le seul, avec la dentine de *Ptyctodus*, qui ne possède pas de canalicules. Ce tissu est parcouru par des canaux qui sont purement vasculaires. Les capillaires qu'ils contiennent ne sont presque jamais revêtus des débris de la pulpe; ils remplissent exactement la lumière du canal. Autour de celui-ci la substance fondamentale est modifiée; elle présente les caractères physico-chimiques de la gaine de Neumann. Les canaux forment des anses et s'abouchent de proche en proche par leurs

extrémités distales ou bien se réunissent en un canal bordant (Fig. 31). Des apophyses latérales en pointe partent des canaux et ressemblent à des pointes d'accroissement. Sur le vivant, le sang qui circule dans ces canaux vasculaires donne une teinte rouge à la dent. Ch. Tomes compare l'aspect d'une dent à vasodentine à celui d'une villosité intestinale pétrifiée qui conserverait un réseau de capillaires à travers lequel le sang continuerait à circuler. La substance calcaire est disposée en lamelles parallèles à la surface de la pulpe. A la périphérie de la dent, est une couche compacte, sans aucune inclusion, les capillaires n'atteignant pas la périphérie.



Fig. 31. Vasodentine de la Merluche (*Merluccius*),
(d'après Ch. Tomes).
(La cavité pulpaire est au bas de la figure.)

Röse considérerait cette zone anhiste comme une vitrodentine, mais elle ne présente aucune solution de continuité avec la masse de la vasodentine, et elle ne possède pas de caractères particuliers. Nous avons vu qu'il n'y avait pas lieu de considérer comme un tissu spécial cette zone externe qui n'est, en réalité, qu'une *couche compacte* périphérique, laquelle se retrouve en d'autres cas et n'est qu'une différenciation analogue à la couche granuleuse.

La vasodentine peut dériver de l'ostéodentine, mais par un processus particulier qui l'éloigne des autres dentines. Les canaux de l'ostéodentine sont sans doute souvent vasculaires et non pulpaire, et ils peuvent ainsi quelquefois être comparés à ceux de la vasodentine. D'autre part, la disparition des canalicules a pu se produire en plusieurs cas, puisqu'on l'observe chez un Poisson dévonien. Dans

d'autres dentines, on trouve souvent à l'état de reliquat des canaux et des anses vasculaires, par exemple dans la pseudo-dentine d'*Hemipristis*, dans l'orthodentine de *Sargus* et même chez les Mammifères. Toutes les transitions existant, d'après Ch. Tomes, entre la vasodentine et l'orthodentine, cet auteur considérerait cette dernière comme dérivée de la vasodentine. Il se basait aussi sur la présence fréquente des reliquats vasculaires dans la vraie dentine. Mais ces canaux erratiques peuvent aussi bien représenter des canaux pulpaire d'ostéodentine. On ignore tout de leur contenu. On ne peut donc savoir s'ils représentent plutôt des éléments de la vasodentine que des canaux ostéoïdes. Sans doute, la vasodentine peut dériver d'un tissu ostéoïde moins différencié par régularisation et spécialisation de ses éléments. Mais elle est très caractérisée par l'absence de canalicules, alors que l'orthodentine l'est par l'absence de canaux. Ce sont là deux modifications parallèles, et l'on ne saurait sans invraisemblance faire dériver l'un de ces tissus de l'autre.

En examinant les deux belles figures que donne R ö s e de la dent d'*Esox* (ostéodentine) et de celle de *Merluccius* (vasodentine), cette dernière montrant les vaisseaux de la pulpe, on est frappé de la ressemblance de leur architecture. Dans les deux, il y a un centre ostéoïde avec couche externe régularisée. Mais, chez *Merluccius*, il n'y a pas de canalicules et la partie superficielle de la dent est seule calcifiée. La disposition des capillaires est ici la même qu'à la surface d'une jeune pulpe. Si l'on fait abstraction du caractère calcifié ou non, la dent de *Merluccius* est construite comme celle du Brochet. Ce n'est que la présence ou l'absence de canalicules qui établit la différence. On peut ainsi concevoir la vasodentine comme un équivalent de la pseudo-dentine, c'est-à-dire la régularisation de la surface d'un massif ostéoïde, mais privé de canalicules. Et dans ce cas, le tissu central ne s'est pas calcifié, peut-être parce que sans canalicules, c'est-à-dire mal pourvu d'éléments conducteurs des sels de calcium. La dent de *Merluccius* serait ainsi composée d'un massif ostéoïde où la calcification incomplète se réduirait à la portion périphérique. La substance fondamentale d'*Esox*, pénétrée par les canalicules calcifiants, est devenue toute entière de la dentine. Celle de *Merluccius* n'est devenue tissu dur que près de sa surface. La pulpe est alors vraiment le reliquat d'un massif conjonctif vascularisé non atteint par la calcification. La cavité pulpaire est régulière, mais les figures assez diverses données par les auteurs ne procurent pas une certitude sur la manière dont elle s'ouvre à sa base.

La vasodentine peut donc être ramenée au cas particulier d'une

calcification produite sans canalicules. Ce tissu serait dû, d'après Stephan, à la vascularisation d'un tissu compact, la vitrodentine. Chez un Gadidé, *Lotella*, il y a bien une dentine compacte, sans aucune inclusion et constituant toute la dent, mais ce caractère peut aussi bien tenir à la perte des canaux que leur présence, en d'autres dents, peut être due à leur acquisition secondaire. Dans la famille des Gadidés, existent toutes les transitions entre la vasodentine très vascularisée et le cas, unique d'ailleurs, où ce tissu ne contient aucun vaisseau et présente seulement une masse compacte laminée. L'opinion de Stephan ne peut être acceptée. On ne saurait d'ailleurs voir dans cette vitrodentine accompagnant la vasodentine le tissu primitif admis par Klaatsch, car celle-ci n'existe que chez les Poissons osseux.

La vasodentine est une différenciation récente; elle ne peut à aucun point de vue être considérée comme primitive. Des deux modes de spécialisation du tissu ostéoïde, avec ou sans canalicules, le dernier est bien moins fréquent. Il tend à démontrer le rôle calcifiant des canalicules, puisque la calcification est moins poussée, moins étendue lorsqu'ils manquent, et que leur absence n'est pas compensée par le grand nombre des canaux. Il démontre aussi que la calcification peut s'établir selon plusieurs modes et par l'intermédiaire d'éléments variés.

CHAPITRE VII

ORTHODENTINE

La dentine proprement dite ou dentine dure, non vasculaire, ou mieux orthodentine se rencontre chez les Amioïdes et les Téléostéens. Elle est caractérisée par l'absence de canaux pulpaire et vasculaires, par la présence de canalicules réguliers, parallèles, de faible calibre et partant d'une cavité pulpaire ouverte à la base. Ce tissu est dû à l'action de cellules ostéoïdes très spécialisées, les odontoblastes.

Röse définit l'orthodentine comme un tissu formé immédiatement sous une gaine épithéliale et qui s'accroît dans une seule direction. Elle ne doit donc être recouverte que d'émail ou de ciment.

Cavité pulpaire

La cavité pulpaire qui occupe le centre de la dent est, chez les Amioïdes fossiles, très largement ouverte à la base. Chez les Vertébrés aériens, cette cavité est presque fermée dans les dents adultes brachyodontes et très ouverte seulement dans les dents hypselodontes ou à croissance continue. La large ouverture ne correspond pas, chez les Poissons, à une croissance continue; les dents de *Pycnodus* ou *Sargodon*, chez lesquels la cavité s'évase à son orifice, ne sont nullement des dents hypselodontes.

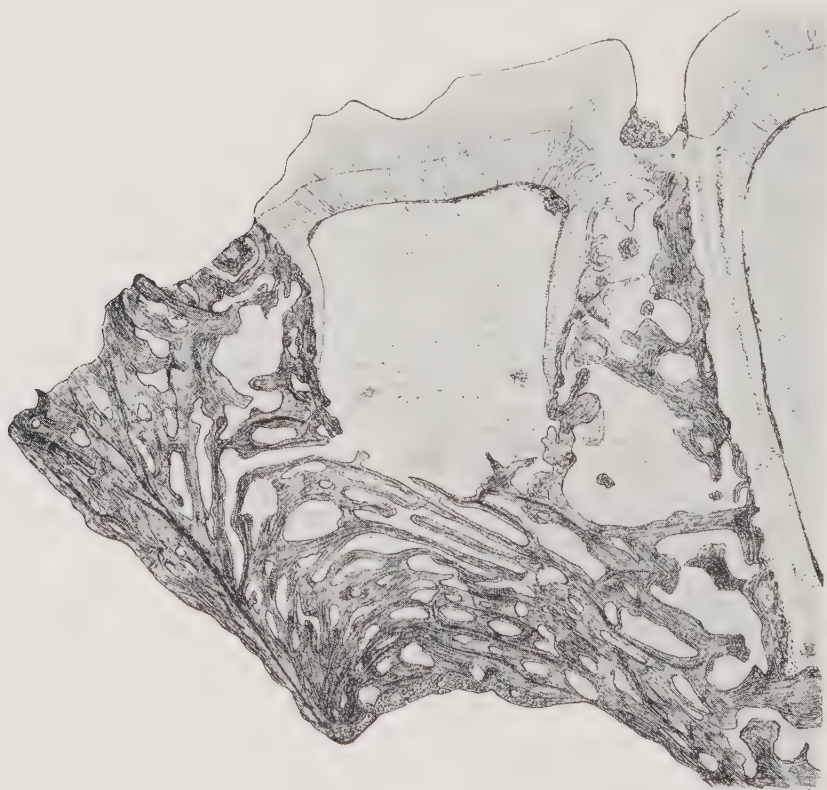


Fig. 32. — Dents en place.

Gyrodus Cuvieri Ag., Oxfordien (Angleterre).

× 25.

La cavité pulpaire n'est pas fermée ni même étranglée à la base (Fig. 37). Ce caractère qui la différencie de suite de la chambre pulpaire des Carchariidés peut être considéré comme primitif. En effet, la pulpe est une sorte de reliquat laissé par un massif conjonctif

complexe après une période d'activité constructive. Le maximum de cette activité s'exerce à la partie supérieure, et la calcification se produit avec une intensité bien moindre à la base. La demi fermeture qui s'opère en cette région chez les Vertébrés supérieurs peut donc être considérée comme un phénomène secondaire. En fait, les Ganoïdes de la famille des Semionotidés, une des moins spécialisées du groupe, présentent une cavité pulpaire qui n'a aucune tendance à se clore vers la base. De plus, la dentine qui constitue la racine est généralement moins homogène, moins uniformément calcifiée que



Fig. 33. — Coupe d'une racine.

Mesodon damoni A. S. W., Portlandien (Angleterre).

1 à 5 = Diverses couches d'orthodentine. La cavité pulpaire est au bas de la figure.

× 125.

celle qui constitue la couronne. Dans une racine de Pycnodonte, on trouve, en allant de l'extérieur vers l'intérieur, les couches suivantes (Fig. 33):

1° Une couche claire, très finement granuleuse;

2° Une couche granuleuse, mal délimitée;

- 3° La dentine normale;
 - 4° Deux ou trois zones de dentine à calcosphérites séparées par des lignes à contours arrondis dont les convexités sont tournées vers la pulpe;
 - 5° Une couche de dentine nettement distincte des précédentes, à canalicules de type plus ostéoïde, qui est sans doute une dentine secondaire.
- Enfin, la cavité pulpaire.

Les couches les plus internes sont mal calcifiées. Sur toute la longueur de la racine, la dentine est intimement soudée à l'os, mais en est bien distincte, sauf à la base où ses canalicules deviennent semblables à ceux de l'ostéodentine et se mêlent aux ostéoplastes.

Cette large ouverture de la cavité pulpaire est la conséquence et aussi la preuve du caractère résiduel de la pulpe, laquelle présente un minimum d'activité à sa base. Ce n'est que, dans les groupes plus évolués, que l'activité constructrice gagne cette région. Le mode d'activité de la papille, agissant dans une seule direction, s'éloigne donc tout à fait du mode de développement de la pseudo-dentine des Carchariidés. Il rapproche ainsi la vraie dentine d'un tissu ostéoïde trabéculaire. Et l'orthodentine diffère ainsi fondamentalement des dentines ostéoïdes dont le type de structure est haversien. On pourrait la considérer comme un tissu trabéculaire réduit à une seule travée et dont le développement serait unilatéral.

Implantation des dents

Les dents, généralement soudées à l'os chez les Poissons autres que les Sélaciens, peuvent être placées sur une surface plane, sur une éminence ou dans une dépression plus ou moins profonde de l'os. Rarement, la dent est libre dans une alvéole, et, en général, les dents thécodontes se soudent plus ou moins à l'alvéole, généralement par la base, parfois sur un côté.

Il est aussi des cas nombreux, dans divers groupes, où les dents sont fixées dans la muqueuse par des ligaments et conservent ainsi une certaine mobilité. Les dents à orthodentine des Téléostéens peuvent être placées sur un socle et fixées par des ligaments. Chez les Elasmobranches, les dents n'ont pas de contact avec les cartilages ou les os et ne sont implantées que dans la muqueuse. On peut voir au milieu de la base de la dent de Carchariidé, représentée Fig. 12, une cavité destinée à recevoir l'insertion d'un ligament.

L'implantation de certaines dents à racine est assez particulière. Elles ne sont pas vraiment thécodontes. Tel cependant peut être le cas des dents de *Sargodon*, lesquelles possèdent une racine plus longue que la couronne et qui, chez les incisives, est distincte de celle-ci, recouverte d'une couche brillante, sans trace d'adhérence au tissu osseux ¹). De telles dents sont donc bien logées dans les alvéoles et ne sont point soudées. Mais on ne les rencontre point en place. Une série d'incisives en connexion a été trouvée dans le Rhétien de Provençhères (Haute-Marne), mais les racines, encore parallèles et équidistantes, ne présentent pas de traces de l'os où elles devaient s'insérer. La mâchoire était, sans doute, constituée de tissu cartilagineux ou incomplètement calcifié. Tout autre est le cas des Pycnodontidés. Chez *Pycnodus*, les dents étaient soudées au tissu osseux, probablement sur une surface plane ou une faible saillie. En général, les dents de ce groupe sont placées sur un socle de dentine qui représente une racine courte et non enchâssée. Tel est aussi le cas de *Lepidotus*, dont les dents sont soumises à un curieux remplacement. La nouvelle dent pousse à l'opposé de l'ancienne, et, pour prendre sa place, exécute une rotation de 180° (P r i e m). Ici donc, la dent est soudée à l'os, mais surélevée par un socle. Au contraire, chez *Gyrodus* (Fig. 32), chez lequel nous avons pu faire des coupes à travers la mâchoire, la racine s'enfonce tout entière dans le tissu osseux. Mais il n'y a pas de véritable alvéole, la dent n'est pas enchâssée, mais plantée comme un clou. Non seulement aucun espace ne subsiste entre la racine et l'os, mais ces deux tissus sont soudés. Il y a soudure simple le long de la racine et, à la base, l'union devient plus intime, les deux tissus se confondent, leur limite est indistincte, et l'on trouve des tubes de dentine mêlés à des ostéoplastes. L'alvéole étant caractérisée par un espace entre la dent et la paroi, occupé par des ligaments, on peut dire que l'alvéole n'existe pas ou plus chez *Gyrodus*. La fixation de la dent se fait par soudure profonde.

On a signalé, chez les Téléostéens, des cas nombreux où la dent est soudée à la mâchoire par un tissu osseux intermédiaire, présentant des caractères qui le différencient de l'os sous-jacent, et que Ch. T o m e s appelle « *os d'attache* ». Chez les Amioïdes, on ne distingue pas d'os spécial autour de la dent. Peut-être alors, l'os entier est-il

¹) Pour la commodité du langage, nous employons les termes d'*incisives* et de *molaires* chez les Poissons à dents différenciées. Les mots de dents incisiformes et molariformes seraient plus exacts; mais il est bien évident qu'il n'y a aucune confusion possible entre les dents ainsi nommées chez les Poissons et leurs analogues chez les Mammifères.

assimilable à un os d'attache. On sait que le tissu osseux se produit au contact de la dent, sous une excitation fonctionnelle due au voisinage du germe dentaire. Telle est l'origine de l'os d'attache des Téléostéens. La formation secondaire de l'os, par suite du stimulus produit par le voisinage des dents, a été reconnue chez *Xiphias gladius* (T. Carter), chez *Pristis* (Owen), dans le vomer des Batraciens, etc. La dent est plus ancienne dans l'évolution que l'os. Il est admis qu'en certains cas, elle provoque la formation de ce dernier tissu comme l'émail entraîne la formation de la dentine.

Canaliculés

L'orthodentine est parcourue par des canalicules fins, dont le diamètre est de quelques microns, parfois même de $1\ \mu$, et assez variable, parallèles les uns aux autres, plus ou moins flexueux et allant de la pulpe à la périphérie. Ces canalicules contiennent des prolongements des odontoblastes ou fibres de Tomes. Ils sont entourés d'une gaine de substance plus dure dite gaine de Neumann, qui a été vue, sur les dents fossiles (Hoppé), et sur la nature de laquelle on a beaucoup discuté. Ils sont à peu près équidistants, larges et serrés près de la pulpe, fins et plus distants vers l'émail. Dans la dentine des aiguillons et de certaines dents, ils atteignent une finesse extrême. Chez *Pycnodus* (Fig. 46), ils sont groupés en faisceaux.

A une distance variable de l'émail, généralement tout près de celui-ci, les canalicules se ramifient et se terminent parfois en un buisson touffu. Souvent, un nombre plus ou moins grand de canalicules, au lieu de se ramifier, pénètrent dans l'émail et s'y terminent en pointes. Le passage dans un autre tissu des fibres de la dentine, ou même leur simple ramification au sein du tissu mésoblastique, s'accorde mal avec leur développement centripète. On a tenté souvent d'expliquer cette apparente contradiction. Ainsi, selon Röse, les ramifications terminales des canalicules s'expliquent par le fait qu'un odontoblaste possède plusieurs prolongements qui bientôt se fusionnent en un seul. On pourrait concevoir ainsi des ramifications à un degré, mais non à deux ou à trois degrés, comme elles se font habituellement. von Ebner a imaginé une destruction des premières couches formées de la dentine qui seraient remplacées par de l'émail, les canalicules subsistant au sein de la nouvelle substance. Ch. Tomes pensait que les canalicules de la dentine étaient d'origine odontoblastique, et que ceux de l'émail appartenaient en

propre à ce tissu; il y aurait donc deux systèmes indépendants de canalicules. Cependant ils sont toujours en parfaite continuité. Le problème ainsi envisagé devient une impasse. Après une étude approfondie de l'embryogénie de l'émail, A. P r e n a n t déclare qu'aucune des explications tentées au sujet de cette pénétration des canalicules n'est valable. En réalité, ces faits ne peuvent pas s'expliquer si l'on admet d'une manière absolue la spécificité des feuilletts. On est conduit, par l'examen de plusieurs faits, à voir au cours du développement de la dentine des mouvements centrifuges, d'ailleurs limités et temporaires. Les fibres de la dentine peuvent s'accroître secondairement, et c'est ainsi qu'elles pénètrent dans l'émail comme nous le verrons en étudiant ce tissu. v o n E b n e r et K ö l l i k e r admettent que les divisions terminales de la fibrille sont produites par une croissance secondaire, donc centrifuge. Ainsi les ostéoblastes, selon R ö s e, poussent leurs prolongements par un processus secondaire. Et S t e p h a n a signalé dans les os d'*Amia calva* des cellules osseuses s'anastomosant d'un système de H a v e r s à l'autre, ce qui, selon cet auteur, indique l'existence de propriétés végétatives. Le développement centrifuge de la fibre de T o m e s, que nous examinerons, n'est donc pas un fait isolé.

Les canalicules de la dentine, en outre des ramifications terminales, présentent de courtes branches régulièrement distribuées, partant à angles droits; celles-ci sont caractéristiques de l'orthodentine et ne se trouvent pas dans la pseudo-dentine. On décrit, en général, des anastomoses entre les branches des canalicules voisins; nous ne les avons pas observées. Selon R ö s e, ces branches latérales ne contiennent pas de prolongements protoplasmiques, mais ne sont constitués que par la gaine de N e u m a n n.

Réseau conjonctif

Les odontoblastes sécrètent une substance collagène qui bientôt se calcifie et reculent au fur et à mesure de la production de cette matière dure. Nous n'avons pas à décrire ce processus très complexe et bien connu. Le résultat est un tissu sans cellules ne contenant, semble-t-il, d'autre matière restée molle que les prolongements protoplasmiques dits « fibres de T o m e s ». De nombreux histologistes ont admis l'homogénéité de ce massif calcaire qui, au contraire de l'os, ne posséderait ni cellules ni fibres conjonctives. Cependant une structure fibrillaire analogue à celle du tissu osseux a été décrite dans la dentine par v o n E b n e r. En réalité, la sécrétion à elle

seule ne produit pas le tissu; la substance collagène destinée à être calcifiée se dépose entre les mailles d'un réseau préexistant formé de fibres conjonctives. Selon Klaatsch et Röse, tous les tissus durs, y compris la dentine, sont formés d'une substance homogène englobant des fibres conjonctives de différentes tailles. J. H. Mummery a bien mis en évidence le rôle de cette charpente conjonctive dans la formation de la dentine. Cet auteur a montré aussi que ces fibres, formant un réseau généralement perpendiculaire aux canali-

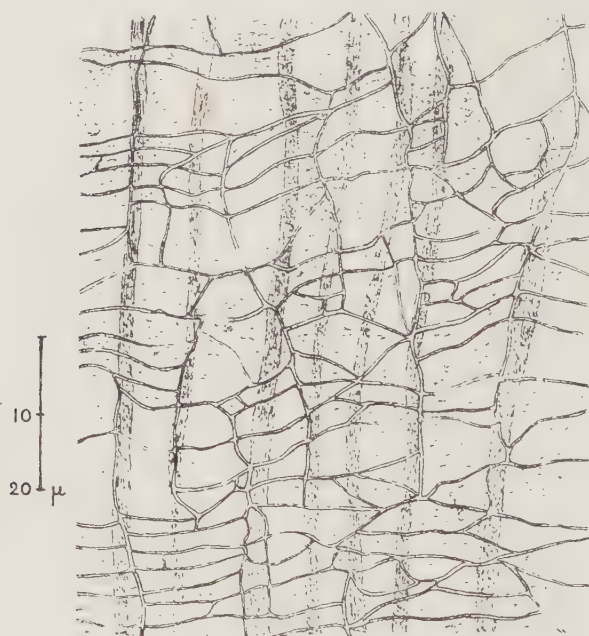


Fig. 34. — Réseau transverse conjonctif de l'orthodontine.

Lepidotus maximus Ag., Coral rag.

(Les canalicules sont figurés en pointillé et supposés au second plan).

cules, ne sont pas intracellulaires, comme on l'avait pensé, mais proviennent de la pulpe et sont intercellulaires. Selon cet auteur, la dentine se développe à la manière d'un os de membrane, avec cette seule différence que les cellules reculent devant la calcification, et que seul un prolongement en est englobé dans le tissu formé. Les fibres élastiques, abondantes dans le tissu pulpaire, se croisent en réseau tout autour des odontoblastes et, tandis que ceux-ci reculent, elles restent en place.

Ainsi, le tissu conjonctif de la périphérie de la pulpe sert de charpente à la dentine; il y forme des faisceaux comparables aux fibres de Sharpey que l'on peut suivre depuis la pulpe jusqu'au sein de l'ivoire où ils s'enfoncent.

L'orthodentine n'est donc pas un simple produit de sécrétion; elle est pourvue d'une trame fibrillaire et c'est dans les mailles de ce réseau que se dépose la substance élaborée par les odontoblastes. Mais en général cette charpente est plus ou moins effacée par la calcification et n'est que difficilement observable. On la voit fort bien cependant chez un Ganoïde jurassique, *Lepidotus*, mais il est nécessaire d'exécuter des coupes très minces qui ne peuvent être que fragmentaires (Fig. 34). On observe alors, avec la plus grande netteté, des stries perpendiculaires aux canalicules, souvent confondues avec les stries d'accroissement. Dans les plages favorables, on voit que ces stries ne sont pas rigoureusement parallèles et s'anastomosent avec d'autres stries semblables, mais parallèles aux canalicules. Il en résulte un aspect de filet aux mailles irrégulières un *réseau transverse*, car la partie la plus importante est normale aux canalicules de la dentine. Les fibres qui le constituent sont du type des fibres élastiques; elles sont très fines, peut-être laminées par la calcification et semblent elles-mêmes calcifiées. Elles forment un réseau serré, continu, plus fin et plus serré vers la périphérie de la dentine.

Le réseau transverse de *Lepidotus* est une des plus belles illustrations que l'on puisse fournir à l'appui de l'existence d'éléments fibreux au sein de l'orthodentine.

Dentine à digitations

Chez *Sargodon tomicus*¹⁾, les lignes d'accroissement, nombreuses, serrées et régulièrement parallèles, sont ondulées. Elles dessinent

¹⁾ *Sargodon tomicus* (Plieninger), famille des Semionotidés, est un fossile commun et caractéristique des bone-beds de l'étage rhétien. Ses dents sont différenciées à tel point qu'elles ont été décrites sous deux noms. Il y a des incisives tranchantes, les unes au bord droit, les autres avec une échancrure médiane semblable à celle des dents d'Hutchinson. Elles sont constituées de deux parties: une couronne et une longue racine, séparées par un léger sillon. Ces pièces sont souvent isolées dans les gisements. Des dents intermédiaires sont constituées par une racine cylindrique et une couronne à section rectangulaire ou ovale, à surface masticatrice allongée et réduite. Enfin, des molaires en forme de boutons arrondis, à

souvent des lignes brisées très régulières. La cavité pulpaire ne présente aucun plissement. Ce n'est que dans la moitié externe de la dentine que s'observent des stries très serrées et compliquées. La structure intime de la dentine de *Sargodon* permet de la ranger dans l'orthodentine, mais elle présente des caractères exceptionnels qui ne se peuvent comparer, à notre connaissance, à celle d'aucun autre Poisson.

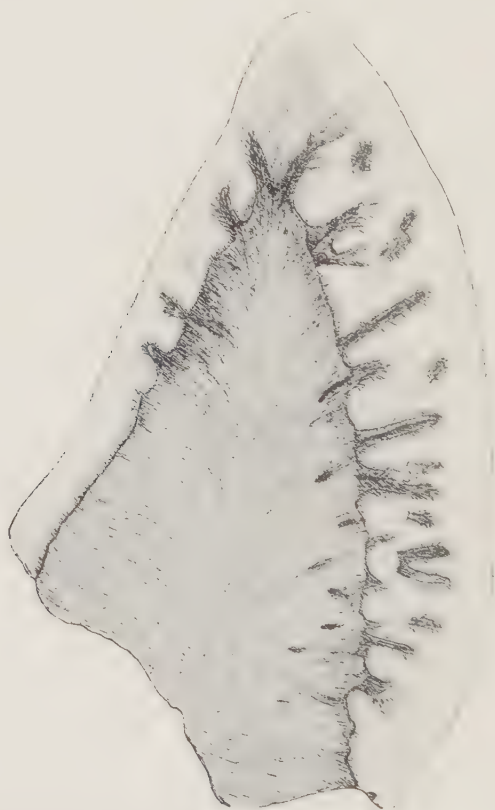


Fig. 35. — Coupe d'une incisive.

Sargodon tomicus Plien., Rhétien, Arkoses de Bourgogne.

× 30.

Sur les dents entières on voit à l'œil nu, sous un revêtement clair d'émail des points sombres qui donnent à la dent un aspect piqueté caractéristique. Ces points, vus ainsi grâce à la transparence de la

longue racine faisant corps avec la couronne, jadis désignés sous le nom de *Sphaerodus*. Toutes ces dents sont remarquables par l'aspect piqueté de leur surface, particularité due à la structure de la dentine.

calotte adamantine, sont des saillies de la dentine, lesquelles s'enfoncent dans un émail très épais. En coupe, on distingue ces saillies à l'œil nu. Ce sont des digitations fines, très longues, puisqu'elles peuvent dépasser l'épaisseur du massif de dentine régulière d'où elles émergent. Elles sont en grand nombre, puisque chaque coupe en montre en moyenne une dizaine. Ces saillies se trouvent aussi bien sur les incisives que sur les molaires (Fig. 35 et 36), quoique généralement plus longues dans celles-ci. Elles sont peu régulières, en général courbées, souvent bifurquées; leur direction,

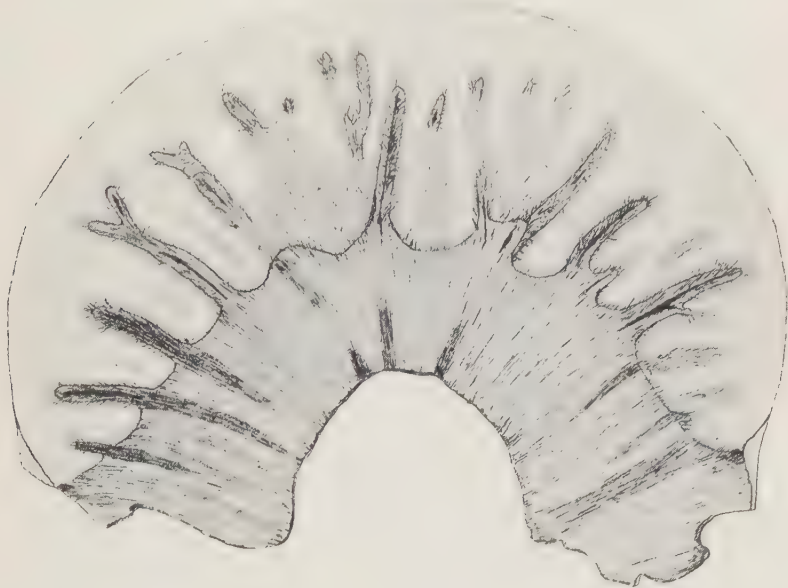


Fig. 36. — Coupe d'une molaire.

Sargodon tomicus Plien., Rhétien, Arkoses de Bourgogne.

/ 30.

comme leur forme, n'est pas constante (Fig. 38). Elles contiennent un canal pulpaire central d'assez fort calibre. Mais ces canaux ne communiquent pas avec la pulpe, si ce n'est exceptionnellement. On les voit s'enfoncer plus ou moins profondément dans la dentine régulière à la manière d'un pieu; ils s'y terminent en pointe. Parfois, mais très rarement (Fig. 37), on peut suivre le trajet de quelques-uns de ces canaux, depuis la cavité pulpaire jusqu'à l'extrémité de la digitation. Des canalicules de dentine accompagnent le canal, et d'autres y prennent naissance. Toute la dentine est parcourue par des

canalicules parallèles, aux nombreuses et courtes branches latérales, qui franchissent la limite de ce tissu et s'enfoncent profondément dans l'émail. Ces canalicules se ramifient et s'anastomosent abondamment dans la région distale de la dentine (Fig. 51).

Pour expliquer cette structure, nous sommes réduits aux déductions. Cet exemple étant irrémédiablement fixé dans le passé, le contrôle embryologique est impossible, et les Poissons de la même famille ne nous ont pas encore montré une anatomie comparable à

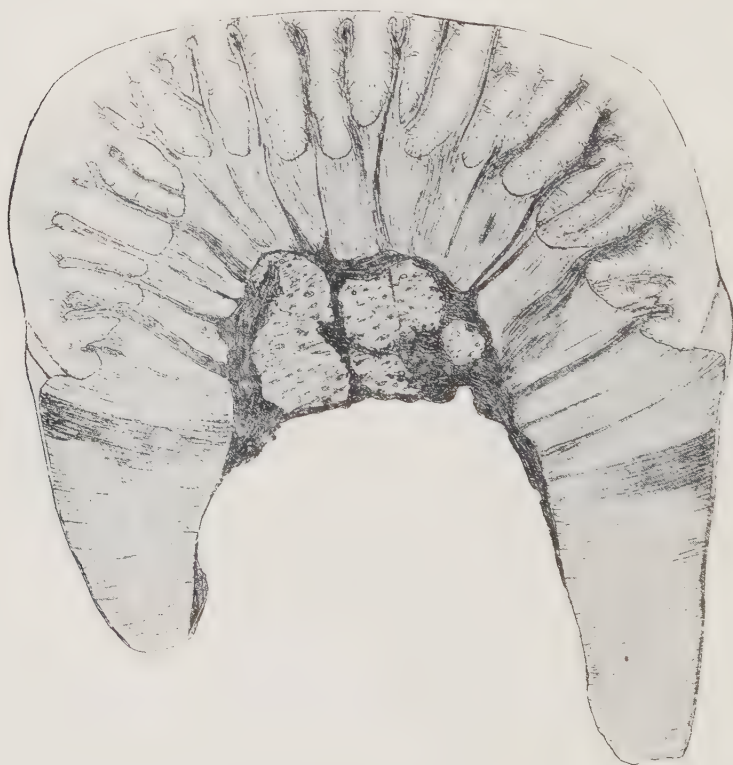


Fig. 37. — Molaire complète.

Sargodon tomicus Plien., Rhétien. (Persistance des branches pulpaire. Dentine secondaire dans la pulpe.)

× 30.

celle-ci. Cependant, il est possible d'expliquer certaines particularités de *Sargodon*. Il est surtout important de savoir si la dentine avec ses digitations s'est développée en sens centripète ou centrifuge. En d'autres termes, si les longues saillies sont dues à un processus primaire, à un développement par voie centripète analogue à celui du

reste de la dentine, ou bien, si les dites saillies résultent d'un processus d'accroissement secondaire et se sont développées en sens contraire du reste de la dentine. Dans la première hypothèse, il faut admettre que la formation de la dentine a commencé en plus de cent



Fig. 38. — Une digitation de la dentine.

Sargodon tomicus Plien., Rhétien.

(La coupe ne passe pas exactement dans l'axe. On voit des traces du canal pulpaire.)

× 145.

points distincts, lesquels ont produit un nombre égal de colonnes calcifiées indépendantes, puis, à un niveau donné, tous ces germes se sont fusionnés pour produire un massif unique et régulier de dentine. Ceci équivaut à se poser la question suivante: La racine d'un arbre peut-elle avoir pour origine une centaine de points d'accroissement

distincts et primitivement indépendants, chacun produisant une petite racine, et celles-ci se fusionnant, à un niveau donné, pour produire la racine principale? La proposition est nettement absurde.

D'ailleurs, dans le cas hypothétique d'un mouvement continu et centripète des odontoblastes, il se serait fatalement produit un phénomène analogue à ce qui se passe dans la dentine des Squalés. La ligne des odontoblastes y forme deux plans qui se coupent au tranchant, et les cellules, venant en directions convergentes, se rencontrent, sont retardées et restent englobées dans la dentine. Ainsi, chez *Sargodon*, les odontoblastes venant d'une centaine de centres de calcification et convergeant tout à coup pour former une couche uniforme et régulière, il eût dû s'ensuivre nécessairement un grand désordre, d'où formation d'odontoplastes, confusion dans les zones d'accroissement, etc... Or, il n'y a aucune cellule incluse dans la dentine et aucune trace de désordre.



Fig. 39. — Disposition schématique des lignes d'accroissement dans une digitation de la dentine (*Sargodon*).

(Les canalicules ne sont pas figurés. Au milieu, est le canal pulpaire.)

L'hypothèse du développement centrifuge se trouve démontrée par l'absurde. Elle est seule défendable. On peut relever, d'ailleurs, dans la dentine, des indices d'une croissance en direction centrifuge. À défaut d'embryologie, nous pouvons appliquer ici une méthode stratigraphique. Ce tissu a été déposé en couches régulières encore distinctes. Les stries d'accroissement sont bien marquées et très nombreuses. Si nous suivons les couches superficielles au voisinage d'une digitation, nous voyons d'abord que la digitation elle-même

présente des stries d'accroissement, mais celles-ci ne sont pas en continuité avec celles de la dentine régulière (Fig. 38). Il y a discordance. Au contact de la digitation, les couches de la dentine régulière sont nettement relevées. Il y a des flexures qui montrent que cette saillie a fait éruption en relevant la dentine superficielle. Les couches, dans la digitation même, sont rapprochées et tendent vers l'horizontale à sa partie supérieure, et, plus bas, plongent presque verticalement au sein du tissu compact sous-jacent. Les stries sont horizontales dans la masse de celui-ci, se relevant seulement au voisinage des saillies. A un niveau plus bas, dans la dentine massive, les stries deviennent continues, régulières, et c'est là que les canaux pulpaire s'effacent. Les stries profondes sont d'ailleurs bien plus espacées et d'un dessin moins net. Le schéma (Fig. 39) montre la disposition des couches de dentine. On peut ainsi dater l'émergence de la saillie à un moment compris entre la formation des couches superficielles du massif de dentine et celle des couches profondes constituant la masse principale de ce massif. Les premières ayant été soulevées par la digitation et les secondes ayant oblitéré celles-ci, son mouvement s'est produit en direction centrifuge, après le dépôt des premières couches de dentine, celles-ci n'étant pas complètement calcifiées, et avant le dépôt des couches profondes. L'absence de lacunes d'*H o w s h i p* et de brisures indique que la digitation s'est tracée un passage à travers une matière encore plastique. De ces observations, il est permis de conclure que la papille conjonctive de *Sargodon*, au cours de l'élaboration de la dentine, a bourgeonné. Elle a, sans doute, commencé à produire de la dentine selon le mode habituel, puis, après le dépôt des premières couches et avant leur calcification complète, la papille a bourgeonné, lançant de nombreuses branches pulpaire s en direction centrifuge; puis, cette période éruptive passée, la production de dentine a repris selon le mode ordinaire et s'est faite ainsi jusqu'à la fin. Les canaux pulpaire s des digitations ont été alors obturés par le dépôt des couches profondes homogènes. Lorsque ce phénomène s'est produit, l'épithélium adamantin n'était, sans doute, pas en contact avec la papille, car le tissu qu'il a élaboré ne conserve aucune trace de ces mouvements. L'émail était probablement formé et non calcifié au moment de l'activité maxima de la papille. Il fallait, pour que les digitations le pénétrassent aussi librement, sans laisser nulle trace de cassure ou de torsion, qu'il fût à l'état fluide; et nous montrerons à propos des canalicules que cette condition a dû être réalisée.

Ce bourgeonnement de la papille montre que la dentine, générale-

ment centripète, peut néanmoins s'accroître en direction centrifuge. La polarisation des feuillets n'est pas absolue; mais, en dehors du cas des canalicules éburnéo-adamantins, les exceptions à cette règle sont des plus rares.

Les saillies de la dentine de *Sargodon* n'ont pas d'analogues dans les dents à orthodentine. En règle générale, toutes les dentines sont limitées par des lignes droites ou courbes régulières. On rencontre chez *Ancystrodon* une structure qui peut, à la rigueur, être comparée à celle de *Sargodon*. La dent est faite d'ostéodentine recouverte d'un émail semblable à celui des Amioïdes (Fig. 50). La dentine présente une surface bosselée, mais les saillies, de relief assez faible, sont limitées à la périphérie; elle ne possèdent ni l'ampleur, ni l'individualité de celles de *Sargodon*. Les canaux pulpaire n'y pénètrent point, et les canalicules qui les traversent proviennent des canaux profonds. Le tissu d'*Ancystrodon* ne s'écarte pas du type des ostéodentines. La surface en est simplement plus irrégulière que dans la majorité des cas.

Si la structure fine de l'ivoire de *Sargodon* est bien d'une orthodentine, les canaux pulpaire nombreux et ramifiés, le développement selon deux sens sont des caractères d'ostéodentine.

L'architecture de la dentine de *Sargodon* n'a aucun rapport avec la forme générale de la dent. La forme extérieure ne correspond pas à la structure. Les saillies exubérantes de la dentine ne retentissent pas sur la surface de l'émail. D'autre part, chez certaines espèces de *Mesodon* ou *Gyrodon*, où la dent plissée, creusée sur sa surface masticatrice de sillons convergeant en une dépression infundibuliforme, la dentine est régulière et bombée, les sillons n'intéressant que l'émail. Ces faits s'expliquent aisément puisque l'organe de l'émail seul détermine la morphologie externe de la dent. L'architecture interne, œuvre de la papille mésoblastique, en est indépendante. Cette papille est dirigée dans sa croissance par la gaine épithéliale, mais non pas dans une dépendance étroite de celle-ci; elle peut être le siège de mouvements divers et complexes sans rapports visibles avec le fonctionnement de l'organe adamantin. Les deux feuillets agissent indépendamment l'un de l'autre, tantôt construisant en sens inverse, tantôt se pénétrant. Mais dans leur interpénétration, le rôle actif est dévolu à la papille. Tandis que l'organe de l'émail est un moule, elle est une charpente qui se construit activement; et si le feuillet externe donne à la dent sa forme, le feuillet interne établit sa structure. Et la forme est indépendante de la structure.

Ostéoplastes dans l'orthodentine

Les dents d'*Amia calva* présentent de véritables cellules osseuses incluses dans une orthodentine. Ce fait, signalé par Stephan, paraît unique dans les tissus dentaires. Les petites dents d'*Amia* sont constituées de dentine à fins canalicules avec couche compacte externe. Sur les dents volumineuses, cet auteur décrit trois couches: une couche compacte à la périphérie, sans éléments protoplasmiques. Puis une couche à canalicules fins (moins de $1\ \mu$ de diamètre). Enfin, vers la pulpe, les canalicules continuent, mais coexistent avec des cellules osseuses orientées parallèlement à la surface; ces cellules possèdent les prolongements qui s'entrecroisent avec les fibres de dentine. Ces ostéoplastes, selon Stephan, seraient une acquisition secondaire. Il fait remarquer que, chez *Amia calva*, existe un phénomène de convergence remarquable: Le tissu osseux acquiert des fibres ressemblant aux fibres de la dentine, et celle-ci acquiert des cellules osseuses.

Il y a là un tissu comparable à une dentine secondaire ou adventice, telle qu'elle se forme au sein de la pulpe. Chez les Amioïdes fossiles on voit souvent des masses de dentine irrégulière, de structure vague, formées dans la pulpe et accolées à l'orthodentine (Fig. 37). Cette dentine secondaire contient des canalicules, mais non orientés, et tous les auteurs la décrivent comme ostéoïde, à caractère d'ostéo- ou vasodentine, tendant vers le type osseux. Ces masses, physiologiques ou pathologiques, calcifiées dans la pulpe, englobent des fibres conjonctives et des cellules (Hopewell-Smith, Mummery). La structure exceptionnelle des dents d'*Amia* peut être ramenée à un fait de ce genre, d'autant plus que ce sont les dents de forte taille qui seules sont pourvues de cellules. Stephan a décrit aussi une anse vasculaire dans cette dentine, ce qui se rencontre parfois dans la dentine normale (*Sargus*) et surtout dans les formations secondaires, plus ou moins anormales.

Il n'y a pas de conclusion à tirer de ce fait isolé, si ce n'est que le tissu ostéoïde, pouvant secondairement acquérir des cellules, il est probable que l'évolution des tissus durs s'est faite de cette manière.

CHAPITRE VIII

FIBRODENTINE

La couche externe des dents de Squales a donné lieu à de longues discussions, et sa nature exacte n'est pas absolument démontrée. Lorsque l'on étudie ce tissu chez de nombreux genres, on voit d'abord qu'il est très polymorphe, à tel point qu'il est impossible d'y trouver des caractères morphologiques valables dans tous les cas. Mais, cependant, cette variété de dentine diffère profondément des précédentes, tant par sa disposition topographique que par sa structure intime. De plus, elle est limitée à un groupe d'Elasmobranches. Ce n'est qu'un tissu de recouvrement qui se rapproche ainsi de l'émail. Il a donné lieu à des observations contradictoires, et il a semblé parfois impossible de décider quelle était sa nature exacte.

Ce tissu a été décrit comme émail par Ch. T o m e s qui, cependant, avoue qu'il ne correspond exactement ni à la dentine, ni à l'émail des Mammifères. Mais enfin, selon cet auteur, ce n'est pas une dentine, car la calcification part du bord interne et marche vers l'extérieur, et il se dissout complètement dans les acides faibles. Selon R ö s e, il s'agit bien d'une dentine, recouverte non pas d'émail mais d'une mince couche anhiste qu'il nomme vitrodentine. Ce dernier auteur semble plus près de la vérité. D'ailleurs, la dernière édition du « Manual » de T o m e s, établie par des continuateurs, ne mentionne qu'avec doute la nature adamantine de la couche périphérique des dents de Requins.

La meilleure preuve de l'origine mésoblastique de ce tissu de revêtement, ou du moins de la prédominance en lui des éléments de cette origine, est la présence des odontoblastes. Dans les régions de la pointe et des tranchants, chez les Lamnides et les Carchariidés, de nombreux odontoblastes ont été englobés par la calcification et sont restés à l'état de cellules témoins. Leurs prolongements sont orientés vers la pointe ou le tranchant. Il s'agit bien d'éléments mesodermiques, lesquels indiquent clairement l'origine du tissu qui les contient, mais non son mode de formation exacte. On peut seulement rejeter l'hypothèse de l'origine exclusivement ectodermique de ce tissu et même celle de la prédominance des éléments ectodermiques.

Nous avons nommé *fibrodentine* cette variété en raison de son aspect généralement fibreux. Celui-ci, d'ailleurs, doit correspondre à la réalité; dans bien des cas, les éléments figurés de ce tissu ne peuvent être des canaux, ni des canalicules. D'ailleurs, Ch. Tomes pensait qu'il y avait bien là des tubes, mais que leur contenu était probablement de la nature des fibres de Sharpey plutôt que des fibres protoplasmiques de la dentine.

La fibrodentine est polymorphe. En quelques cas, elle semble une simple différenciation de l'ostéodentine et, en d'autres cas, elle en est séparée par une couche intermédiaire. Chez *Scapanorhynchus* (Fig. 4), la fibrodentine ne présente pas de solution de continuité avec l'ostéodentine. Les canalicules de celle-ci la pénètrent largement. Elle a donc les caractères de la pseudo-dentine, et comme celle-ci n'est qu'une modalité du tissu ostéoïde, il semble, à première vue, que l'on puisse assimiler à peu près la fibrodentine à une pseudo-dentine. Il n'en est pas toujours ainsi. Chez les Squales fossiles, en général, il y a solution de continuité entre l'ostéodentine et la fibrodentine. Celle-ci étant plus dure, plus compacte que le tissu sous-jacent, il y a là une zone de rupture fréquente qui rend malaisée l'obtention de coupes transverses complètes. La couleur des deux tissus n'est pas la même; la couche externe est plus foncée. La solution de continuité peut exister distinctement, alors même que les canalicules de l'ostéodentine pénètrent dans la couche externe (*Lamna*, *Carcharodon*). Cette pénétration n'est donc pas un argument en faveur de l'origine commune des deux tissus. Les canalicules ostéoïdes peuvent fort bien pénétrer secondairement au sein de la fibrodentine comme ils pénètrent dans l'émail. L'hypothèse est d'autant plus admissible que la fibrodentine occupe la situation d'un émail et se calcifie sans doute à la manière de celui-ci. En résumé, si la fibrodentine ressemble parfois à une pseudo-dentine, en général, les différences l'emportent. Les deux tissus d'ailleurs coexistent souvent. C'est la règle chez les Carchariidés, et chez *Notidanus*, on voit très nettement l'un recouvrir l'autre (Fig. 11).

Röse figure une coupe de *Carcharodon angustidens* (Eocène) dans laquelle la fibrodentine est représentée exactement comme une pseudo-dentine. Mais, chez *Carcharodon Rondeleti*, la différence entre les deux tissus est très appréciable, et, si les canalicules du tissu ostéoïde pénètrent dans le tissu de recouvrement, celui-ci contient des éléments, fibres et cellules, qui lui sont propres. D'ailleurs les odontoplastes suffisent à indiquer que la fibrodentine de *Carcharodon* n'est pas une simple modification de la dentine sous-jacente. Chez

un autre Lamnidé, *Scapanorhynchus raphiodon*, il semble qu'il y ait une pseudo-dentine recouverte par une couche qui peut être une fibrodentine ou un émail indistinct.

Dans cette espèce, on observe, depuis l'ostéodentine:

- 1° Une zone de pseudo-dentine mal séparée des couches suivantes;
- 2° Une zone de fibrodentine avec odontoplastes;
- 3° Un émail visible surtout vers la pointe.

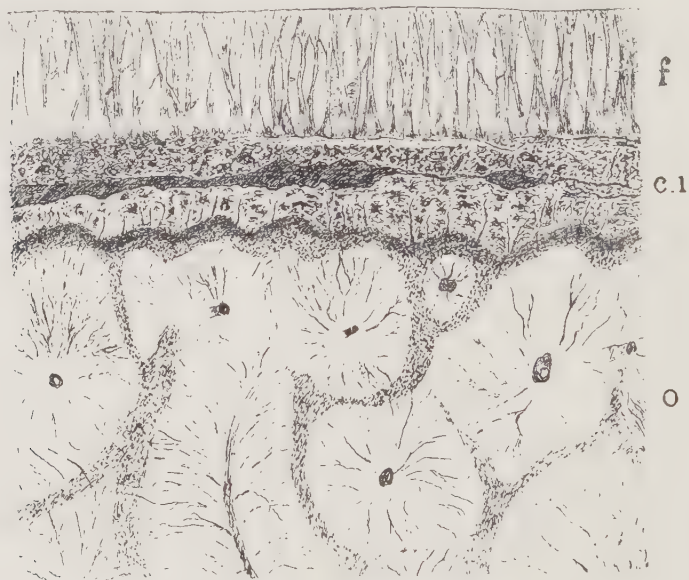


Fig. 40. — Ostéodentine et fibrodentine avec couche granuleuse intermédiaire.

Otodus obliquus Ag., Éocène. Phosphates d'Algérie.

o. = ostéodentine; *c. i.* = couche intermédiaire; *f.* = fibrodentine.

× 95.

Il est difficile, nous l'avons déjà vu, de décider si la première couche est une simple différenciation périphérique du massif ostéoïde ou bien un tissu particulier largement pénétré par les canalicules de l'ostéodentine. Quoi qu'il en soit, une fibrodentine distincte existe chez *Scapanorhynchus*. On y observe que les odontoplastes ont leurs prolongements dirigés vers le tranchant, alors que la striation du tissu, probablement fibrillaire, est orientée perpendiculairement au bord. Les cellules font donc un angle à peu près droit

avec les autres éléments de la dentine. Cette discordance montre qu'il y a plusieurs éléments formateurs dans cette dentine et tend à prouver que, dans ce cas, les odontoblastes ont un rôle accessoire. En effet, la substance fondamentale du tissu n'étant pas orientée comme eux ils n'ont pu la produire.

Une tout autre disposition s'observe chez *Otodus obliquus* (Eocène). Les dents de ce Lamnidé montrent une fibrodentine dont le caractère fibreux et l'indépendance sont des plus nets (Fig. 40). On observe une couche granuleuse épaisse, dépourvue de canaux et de canalicules, entre l'ostéodentine et la fibrodentine. Aucun élément de la première ne pénètre donc dans celle-ci. Il ne semble pas y avoir de



Fig. 41. — Fibrodentine.

Otodus obliquus Ag., Eocène. Phosphates d'Algérie.

× 265.

canalicules dans la fibrodentine, mais seulement des fibres réunies en faisceaux anastomosés (Fig. 41). Ce sont des bandes capricieuses allant d'un bord à l'autre de la couche, striées longitudinalement, anastomosées et divisées, qui s'élargissent aussi bien à leur extrémité distale qu'à leur extrémité proximale. Il ne peut s'agir de canalicules, mais seulement de fibres conjonctives, probablement calcifiées. Cette disposition se retrouve chez un Carchariidé, *Galeocерdo*; elle n'est donc pas limitée à un ou quelques genres voisins. L'existence de fibres, plus ou moins disposées en réseau, est assez générale. En

certaines régions de la fibrodentine de *Carcharodon Rondeleti* (Fig. 43), on voit un réseau d'aspect fibrillaire qui rappelle, en plus grossier, le réseau conjonctif de *Lepidotus*, et, au milieu de ce labyrinthe, des fibres plus continues et plus fortes semblent être ou plutôt contenir des canalicules.

Ainsi, dans certains cas, les fibres sont bien caractérisées; dans d'autres, plus rares, ce sont les canalicules. Il est vraisemblable que ce tissu contient les deux éléments. Car, si l'aspect fibreux est la plupart du temps caractéristique, la présence des odontoplastes permet de déduire celle de prolongements protoplasmiques ou fibres de T o m e s. Souvent enfin, (*Odontaspis*, *Carcharodon*, *Oxyrhyna*), la fibrodentine montre deux couches sans solution de continuité (Fig. 42). Vers l'extérieur, il y a des canalicules fins, parallèles, (qui cependant peuvent être des fibres allongées et très régulières), et vers l'intérieur l'aspect est beaucoup plus fibreux, les anastomoses nombreuses et compliquées; les canalicules sont entièrement dissimulés, sinon supprimés par les éléments fibreux. On ne saurait, d'ailleurs, affirmer nettement la présence de canalicules avec fibres de T o m e s au sein de ce tissu.

Si donc l'existence de canalicules dans la fibrodentine est des plus probables, en bien des cas il est impossible de les observer. Alors que, dans l'orthodentine, le réseau conjonctif est de peu d'importance vis à vis des canalicules, c'est le contraire qui se produit dans la fibrodentine. Ce tissu est en partie formé par des odontoblastes, peut-être aussi par des adamantoblastes, mais ces cellules sécrètent dans un réseau conjonctif important. Il semble qu'il y ait eu parfois formation de cette couche en deux temps. Au début, les odontoblastes sécrètent dans un réseau conjonctif réduit et laissent des prolongements assez nets; ensuite les odontoblastes passent au second plan, et la charpente fibreuse, plus développée, masque ou supprime leurs canalicules. Il se peut que le premier temps corresponde à la période de travail commun de la papille et de l'organe de l'émail; à ce moment, le tissu serait surtout adamantin, ensuite il deviendra surtout ou exclusivement éburnéen. Sur la dent définitive, l'aspect adamantin prédomine vers l'extérieur, et les caractères de dentine s'accroissent vers l'intérieur. Dans certains genres, le tissu entier est constitué, comme s'il était formé selon le premier processus, dans d'autres, comme s'il était formé entièrement selon le deuxième.

Chez les Carchariidés, un tissu pourvu d'odontoplastes recouvre la pseudo-dentine dont les canalicules se terminent en deçà de la limite des deux couches. Nous avons pu homologuer la pseudo-

dentine des Carchariidés à l'ostéodentine des Lamnidés. Il est également possible d'homologuer les tissus de revêtement de ces deux familles. Nous avons vu d'ailleurs qu'ils sont semblables chez *Otodus* et chez *Galeocerdo*. Cette fibrodentine est indépendante du tissu sous-jacent, et les odontoplastes ne se rencontrent jamais



Fig. 42. — Fibrodentine.

Odontaspis macrota, Lutétien des env. de Paris.

ext. = couche externe; *int.* = couche interne; *ost.* = ostéodentine.

× 165.

dans celui-ci, alors qu'ils sont parfois très abondants au sein de la dentine superficielle. Le plus souvent, l'aspect fibreux est moins net chez les Carchariidés que chez les Lamnidés, mais le tissu contient les mêmes lacunes, particulièrement celles « en grains d'avoine » signalés par Ch. T o m e s et montre la même striation.

Dans le groupe moins différencié des Hybodontes, chez *Acrodus* ou *Hybodus*, il existe, par dessus l'ostéodentine ou la pseudo-dentine, une couche fort semblable à un émail, assez épaisse et mal délimitée vers l'intérieur. Elle contient, dans sa région proximale, des canalicules ou fibres qui ne proviennent certainement pas tous du tissu sous-jacent, et qui se terminent bien avant le bord extérieur. L'aspect de ce tissu est souvent fibreux ou granuleux; il est polymorphe, et ses caractères sont loin d'être constants. Bien qu'il n'y ait pas

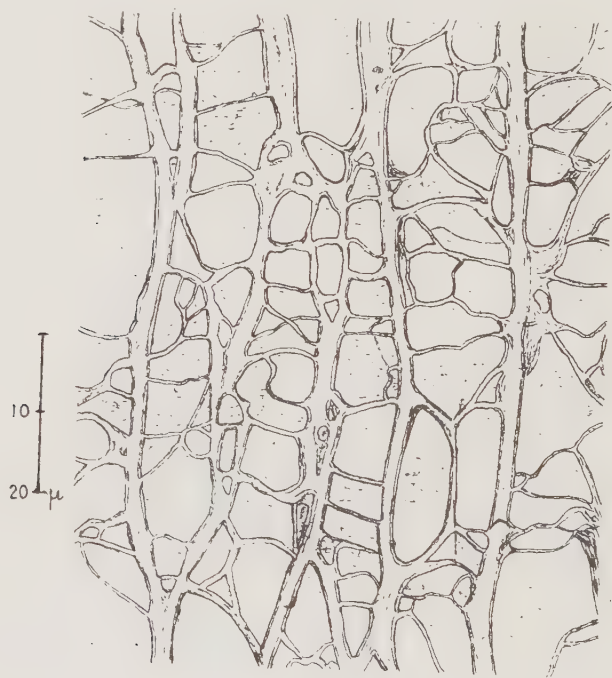


Fig 43. — Anastomoses dans la fibrodentine.
Carcharodon Rondeleti, Actuel.

d'odontoplastes pour trancher la question, il est permis de penser que la zone interne à canalicules ou fibres représente la fibrodentine. Il y aurait là, chez ces Squalés primitifs, un tissu mixte où les caractères de l'émail l'emporteraient, et qui serait peut-être dépourvu de cellules mésodermiques spécialisées ou odontoblastes.

La fibrodentine, quoique son origine mixte soit admise avec raison, doit être rangée dans les tissus mésoblastiques. En effet, les éléments figurés identifiables qu'on y trouve sont caractéristiques de cette

origine. Cette dentine ne présente pas de solution de continuité avec l'émail, si ce n'est peut-être chez *Otodus* (Fig. 44). Plus rarement, il arrive qu'elle se confonde plus ou moins avec la pseudo-dentine. Cette union intime, ou tout au moins ce passage graduel tantôt à l'émail, tantôt au tissu ostéoïde, dont les canalicules la pénètrent profondément, plaide pour son origine mixte. La fibrodentine est donc surtout émail vers l'extérieur, surtout dentine vers l'intérieur. Mais il arrive qu'elle soit exclusivement dentine (*Otodus*) ou qu'elle ait presque uniquement les caractères de l'émail (*Acrodus*). C'est le tissu dentaire le plus polymorphe, ce qui explique les divergences de vues des auteurs à son sujet. Mais les transitions étant nombreuses entre ses diverses modalités et sa situation restant la même, il est facile de le retrouver chez tous les Squalés. La fibro-dentine représente la seule dentine odontoblastique de ces Poissons. Elle est vraisemblablement limitée à ce groupe, et on la trouve particulièrement nette et constante chez les Lamnides où le genre *Otodus* en fournit le type le plus caractéristique.

Ce tissu n'est pas sans analogie avec l'orthodentine. Il se développe aussi au contact d'une gaine épithéliale et par l'activité de cellules spécialisées ou odontoblastes. Ainsi, le critère établi par Röse pour distinguer l'orthodentine, à savoir son développement sous une gaine épithéliale, n'est pas absolu. La fibrodentine, tissu de revêtement très spécial, pourrait être comprise dans cette définition. De plus, chez *Ancystrodon*, nous avons rencontré une ostéodentine recouverte directement par un émail épais, donc développée en contact avec une gaine épithéliale. Et les dentines ostéoïdes (pseudo-dentine, d. dendroïde) peuvent être recouverte d'émail placôïde.

La fibrodentine étant réduite à une couche de revêtement et la trame conjonctive y étant plus considérable que dans toute autre variété, on peut la considérer comme un tissu moins évolué, de structure plus grossière et d'origine moins définie que l'orthodentine. Elle représente un tissu fibreux, mal différencié, et calcifié. Nous avons vu le rôle important que joue, vraisemblablement, le réseau fibrillaire dans la persistance des cellules au milieu de la matière dure. C'est, en effet, seulement dans cette couche à caractère mixte que l'on rencontre, en quantité notable et d'une manière fréquente, des cellules incluses.

CHAPITRE IX

ÉMAIL

Le tissu épidermique de la dent présente des aspects aussi variés que le tissu mésodermique. Il est quelquefois difficile de décider, même chez les espèces vivantes, si l'on a affaire à une dentine, un émail ou même un ciment. L'émail est un tissu de revêtement d'origine épithéliale, mais la papille mésodermique peut prendre, croit-on, une part active à son édification. Ses modes de formation semblent être variés. La structure présente des variations importantes, et il semble qu'il ne soit pas toujours homologue à lui-même. Selon K l a a t s c h, c'est le premier tissu dur qui se développe, mais il ne saurait à lui seul constituer une dent ou une écaille; il est toujours accompagné d'une formation mésoblastique. Chez les Vertébrés supérieurs, l'émail est caractérisé par sa structure prismatique; il n'en est pas de même chez les Poissons où se rencontrent de nombreuses variétés particulières à ce groupe.

L'émail est un tissu compact, très calcifié, à éléments conjonctifs très réduits ou nuls, souvent sans inclusions protoplasmiques, réfringent et biréfringent. La biréfringence est un des critères admis par R ö s e et particulièrement valable pour les fossiles. Les prismes, selon cet auteur, ne se voient parfois qu'en lumière polarisée. Un émail d'une minceur extrême ($1\ \mu$ à $1\frac{1}{2}\ \mu$) a pu être décelé par ce procédé chez *Pachyrhizodus*.

Ce tissu peut acquérir une grande dureté, de l'ordre de celle du silex. Il manque sur de nombreuses dents; il ne recouvre jamais la syndentine (*Psammodontes*); il peut manquer aussi sur l'ostéodentine (*Dactylodus*) et l'orthodentine (Cétacés). Cependant, il peut avoir disparu sur une dent fonctionnelle; et il est parfois difficile de l'obtenir en coupe à cause de sa friabilité (*Dendrodus*).

Émail des Squales

C'est un émail peu différencié, qui même a semblé douteux à quelques auteurs. Il se confond avec la fibrodentine dans la plupart des cas et, selon R ö s e n'existe pas. Ce tissu a donné lieu à une grande controverse. Dans cette difficulté, c'est à l'embryologie que revient de trancher le litige, mais il ne semble pas qu'elle l'ait fait

d'une manière indiscutable. L'opinion des auteurs a beaucoup varié au sujet de la couche mince, hyaline et compacte qui recouvre les dents des Requins.

Williamson la désignait sous le nom de *ganoïne*. Leydig la considérait comme étant la partie superficielle de la dentine. Röse, lui assignant cette dernière origine, la classait dans sa vitrodentine. Enfin, Hertwig la considérait comme émail; Ch. Tomes a défendu cette dernière opinion. On peut considérer la couche externe des dents de Requins comme mixte. Nous l'avons étudiée au chapitre précédent. L'émail véritable y est si intimement mêlé à la dentine qu'il est impossible de lui assigner une limite.

Dans la plupart des cas, l'existence d'un véritable émail n'est pas du tout évidente. Lorsqu'il est net, les coupes frontales le montrent le plus souvent localisé à la moitié ou aux deux tiers supérieurs de la dent; les coupes transverses le montrent localisé aux tranchants, vers la base, et s'étendant sur toute la périphérie vers la pointe. Chez *Lamna*, ce n'est qu'une zone claire non séparée de la dentine. Chez quelques Squalés, tels que *Cestracion*, on a décrit un émail dont les canalicules s'ouvrent au dehors, mais il ne présente aucune solution de continuité avec la dentine. Ch. Tomes et J. H. Mummery assimilent ce tissu à l'émail particulier des Sparidés ou « émail inversé ». Chez un Carchariidé, *Galeus* (Fig. 16), on trouve une couche d'émail bien distincte et importante. Les canalicules n'y pénètrent pas, ce qui permet de le distinguer nettement de la fibrodentine sous-jacente. Surtout développée à la partie supérieure de la dent, cette couche réfringente diminue en arrivant vers la base¹⁾.

Chez *Acrodus*, on observe aussi un émail notable (Fig. 6). C'est une couche assez épaisse dont la base doit correspondre à une fibrodentine, tandis que la partie superficielle est de nature adamantine. Il y a donc là l'équivalent de la couche périphérique des dents de *Lamna* ou de *Carcharias*, mais avec prédominance de l'émail. Chez *Hybodus*, on ne distingue qu'une mince couche réfringente, peu constante.

L'émail des Squalés est, en somme, une ébauche, un tissu peu différencié où l'action des adamantoblastes se produit, non isolément, mais en collaboration avec la papille, et la sécrétion adamantine se

¹⁾ Ch. Tomes a décrit différemment l'émail de *Galeus*. Mais il classe ce genre parmi les Lamnidés et parle de son ostéodentine. Or, les dents de *Galeus* ont bien la structure typique des Carchariidés. Il est évident qu'il y a erreur, et que Tomes a décrit sous ce nom un autre Poisson.

fait à travers une charpente fibrillaire. On ne peut parler de véritable émail que lorsque l'organe de l'émail produit, à la fin de son activité sans doute, une zone, non plus mixte, mais à peu près uniquement ectodermique. Ch. Tomes décrit ainsi le développement de l'émail chez *Carcharias* (ce tissu correspond, pour sa plus grande partie, à la fibrodentine): La matrice en est fournie par une couche spécialisée de la papille dentaire ayant l'épaisseur de ce tissu (fibrodentine + émail), et, au-dessus de cette couche, se trouvent d'énormes améloblastes (70 à 80 μ) qui prennent part à la calcification. Il s'agit,

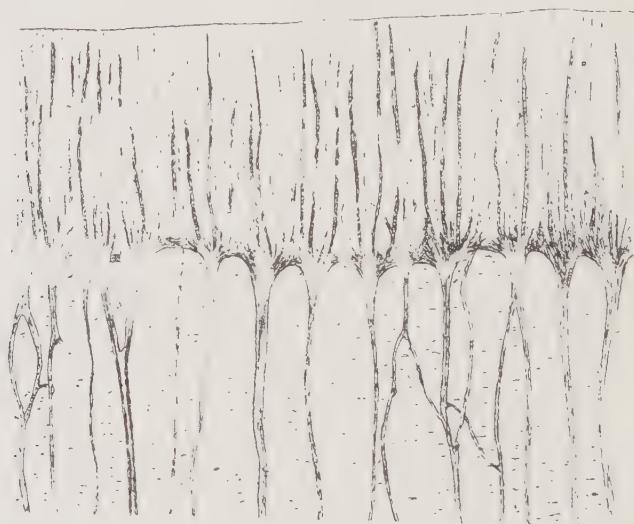


Fig. 44. — Émail (?) et fibrodentine.
Otodus obliquus Ag., Eocène. Phosphates d'Algérie.
 (Au bas de la figure est la fibrodentine.)

× 310.

en somme, d'une sécrétion calcaire de l'épithélium qui se produit à travers une charpente conjonctive. Le phénomène est semblable au développement de la dentine, sauf que les éléments sécrétants sont d'origine ectodermique au lieu d'appartenir comme la charpente au mésoderme. Cependant, nous avons vu que des odontoblastes devaient prendre une part active à cette édification. La couche externe de la dent des Squales est donc un véritable complexe dont la partie périphérique est probablement toujours d'origine épidermique. Mais on ne distingue pas, dans tous les cas, un dépôt adamantin dégagé de la zone mixte. Et ce n'est que celui-ci que l'on peut

qualifier d'émail. Lorsqu'il est caractérisé, il paraît dépourvu de charpente conjonctive, ayant peut-être été formé par sécrétion au delà de celle-ci.

Chez *Otodus obliquus* on observe, dans la région des tranchants, un revêtement assez semblable à la fibrodentine, pourvu de canalicules ou fibres, mais plus nettement distinct que celle-ci (Fig. 44). Il s'agit peut-être d'un émail assez peu différencié.

Émail placœide

Cet émail s'observe très nettement sur les ichthyodorulithes constituées de dentine non vasculaire (*Acrodus*, *Rhizodopsis*). La coupe d'un aiguillon d'*Acrodus* a la forme d'un éventail, dont la partie convexe est recouverte d'une couche épaisse et très réfringente nettement séparée de la dentine. Ces organes étant homologues des écailles dites placœides des Sélaciens, on peut donner le nom d'*émail placœide* à cette variété.

Cet émail a pour caractère principal de présenter avec la dentine une solution de continuité et de n'être pas pénétré par les éléments venus de celle-ci. On le rencontre aussi sur les dents. Chez les Crossoptérygiens, les coupes verticales de *Dendrodus biporcatus* montrent un revêtement d'émail placœide (Fig. 8), tandis que les coupes transverses n'en montrent pas; Owen ne signale pas non plus ce tissu chez les Dendrodontes. Il doit être friable, peu adhérent à la dentine et ainsi disparaître sur la plupart des coupes et principalement sur les sections transverses. On le trouve aussi chez *Megalichthys Hilberti* (du Carbonifère d'Ecosse) où la conservation défectueuse de la dent étudiée ne permet pas d'affirmer la nature exacte de la dentine. Chez un Squalé jurassique dont nous avons préparé un fragment indéterminable de dent, on voit, recouvrant une ostéodentine régularisée à la périphérie, une couche épaisse d'émail bien délimitée dans laquelle les canalicules ne pénétrant pas.

Émail du collet

Nous placerons ici, à côté de l'émail placœide des Crossoptérygiens, un tissu de même structure et qui offre la particularité d'occuper la situation d'un ciment chez les Amioides fossiles. Ce tissu, assez énigmatique, que nous appelons *émail du collet*, s'observe chez les Semionotidés et les Pycnodontidés où sa présence est à peu près constante. Il forme une couche mince dont l'épaisseur généralement

de 0,1 mm. ne dépasse pas 0,2 mm. située au collet de la dent et débordant sur la couronne et la racine (Fig. 45). Chez *Sargodon*, dont les dents possèdent de longues racines, il recouvre celles-ci d'un revêtement continu d'une faible épaisseur. Parfois, dans ce genre, il comporte au collet deux couches distinctes (Fig. 37). Chez *Lepidotus*, *Pogonius*, *Mesodon* (Fig. 47), il recouvre le socle de la dent. Il se termine en biseau sur la couronne où il s'avance plus ou moins loin. Chez *Lepidotus*, il recouvre, parfois, une partie de la couronne d'une

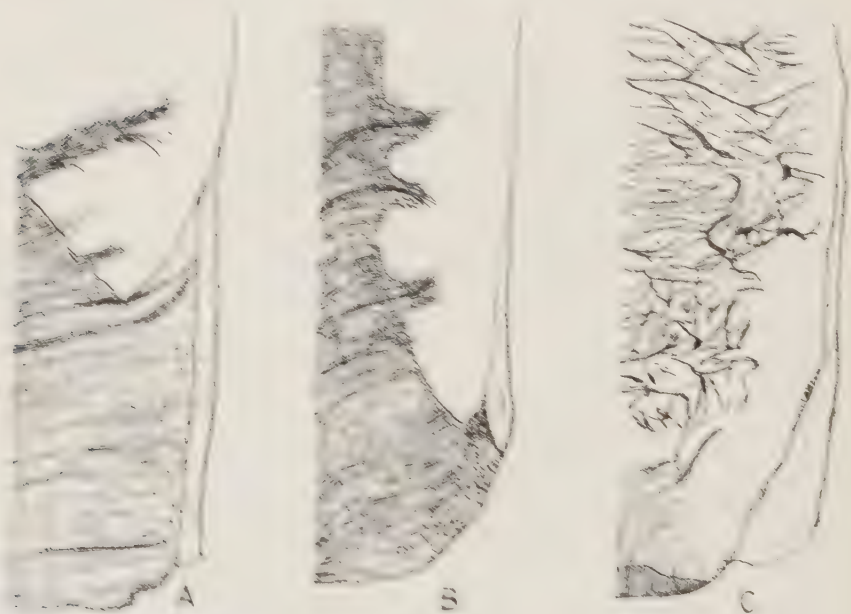


Fig. 45 — Email du Collet.

- A — *Sargodon* (adulte).
B — *Sargodon* (jeune).
C — *Lepidotus*.

× 40.

Cet email du collet repose à la fois sur la dentine et sur l'email tubulaire. Sur une incisive de *Sargodon* (Fig. 45 B) il est en continuité latérale avec la dentine et recouvre l'email. Il peut manquer sur la couronne ou sur la racine, ou même être localisé étroitement au collet de la dent. C'est bien là une situation de ciment, mais alors que celui-ci s'amincit d'ordinaire au collet et s'épaissit vers l'apex

de la racine, le tissu que nous étudions atteint son maximum d'épaisseur au collet et devient très mince, parfois inexistant sur la racine. À l'inverse aussi du ciment, il n'entre pas en contact avec l'os et s'avance sur les parties libres; il manque là où la dent est adhérente au tissu osseux (*Microdon*). Nous ne l'avons pas observé sur les molaires de *Pycnodus* où la dent dépourvue de socle se soude à la mâchoire à un niveau assez bas, correspondant au collet, mais il est très net sur les dents tranchantes.

Cet émail est incolore, réfringent et ne présente pas d'autre structure qu'une disposition en zones parallèles et des granulations localisées vers son bord proximal. Il ne renferme aucune inclusion protoplasmique ou fibreuse; malgré son épaisseur parfois relativement importante, on n'y trouve aucune cellule ni canalicule.

On sait que le ciment peut se réduire à une couche anhiste et qu'alors — dit-on — il devient à peu près impossible de le distinguer de l'émail. Mais R ö s e a fait de la forte bi-réfringence de l'émail un critère qui permet de reconnaître ce tissu, particulièrement à l'état fossile. Or, la bi-réfringence de l'émail du collet est très grande; il ne peut donc s'agir d'une formation osseuse. Il est plus réfringent que l'émail qu'il recouvre et, en lumière polarisée, apparaît comme une surface brillante, bien plus claire que l'émail sous-jacent et identique à l'émail des ichthyodorulithes. On peut donc considérer ce tissu comme un émail. Il ne se rencontre, à notre connaissance, que sur des dents fossiles et semble limité à un groupe disparu; ainsi il sera difficile de démontrer sa véritable nature par un critère autre que celui de R ö s e. S t e n s i ö signale à la base des dents de *Saurichthys* un émail mince différent de celui qui recouvre la pointe et qui est peut-être l'émail du collet. La structure de ces dents d'ailleurs est identique à celles des Semionotidés.

L'émail placôide semble bien exclusivement épidermique. Il n'y a pas de pénétration du tissu mésoblastique. L'émail du collet, qui se rencontre aussi bien sur un autre émail que sur la dentine, est certainement tout à fait indépendant de la papille et constitue bien un tissu de revêtement n'ayant pas de rapport d'origine avec la dentine qu'il recouvre.

Cet émail diffère profondément de celui que l'on trouve habituellement chez les Sélaciens. Il est difficile de décider lequel est primitif: ou la couche épidermique indépendante coiffant simplement la dentine, ou la sécrétion épithéliale fondue presque complètement avec le tissu mésoblastique sous-jacent. Si l'on observe que l'émail des Squales se trouve en contact avec une dentine particulière due en

partie à la sécrétion de cellules hautement différenciées et constituant elle-même un tissu de revêtement, il paraît difficile de considérer cet émail comme primitif. Le revêtement placoïde présente un aspect plus élémentaire. Il forme une variété bien distincte et qui n'est pas entièrement homologue aux autres. Les variétés suivantes d'émail sont plus complexes; les deux feuilletés polarisés réagissent l'un sur l'autre, des mouvements secondaires se produisent qui établissent une interpénétration. C'est à l'émail placoïde que s'applique le mieux la théorie de la spécificité des feuilletés. Celle-ci serait ainsi exacte dans les formes élémentaires et seulement masquée ou atténuée par des processus secondaires. Et dans le cas le plus simple ou le plus primitif, il y aurait indépendance totale des deux formations, lesquelles ne feraient que s'ajuster l'une à l'autre sans avoir aucun autre rapport entre elles.

Émail tubulaire

Ch. Tomes a donné ce nom à l'émail pénétré largement par les canalicules de la dentine. Il peut être prismatique (Marsupiaux, Téléostéens) ou anhiste. On le rencontre recouvrant l'orthodentine et, beaucoup plus rarement, l'ostéodentine.

L'émail des *Amioides* fossiles, très caractéristique, a une grande épaisseur et des caractères remarquables. C'est un émail tubulaire anhiste. Il a été rencontré dans les familles des Semionotidés et des Pycnodontidés où il est constant, mais non chez les Crossoptérygiens ni les Ganoïdes actuels (*Lepidosteus*, *Amia*). Cet émail a une épaisseur considérable qui dépasse souvent celle de la dentine; chez *Pycnodus*, il constitue, parfois, les trois quarts de l'épaisseur de la dent. La dentine est ainsi réduite à une faible couche qui souvent même n'est pas conservée. La plupart des dents isolées de Pycnodontes se rencontrent sous forme d'une simple calotte hémisphérique d'émail. Celui-ci est excessivement dur, et ne se laisse guère entamer par la scie. C'est le tissu le plus long à user; il doit être calcifié au plus haut degré, et la dentine fossile est comparativement une substance molle. Lorsqu'une dent est abrasée (Fig. 49), la dentine plus vite usée, forme une cavité au milieu de la surface masticatrice dès que la calotte d'émail est interrompue.

Cet émail se rencontre, avec la même épaisseur, et les mêmes caractères, sur des dents de toutes formes (dents tranchantes et broyeuses de *Sargodon* et de *Pycnodus*, dents fines et pointues de *Saurichthys*, dents arrondies de *Lepidotus* ou *Gyrodus*, etc.), ce qui

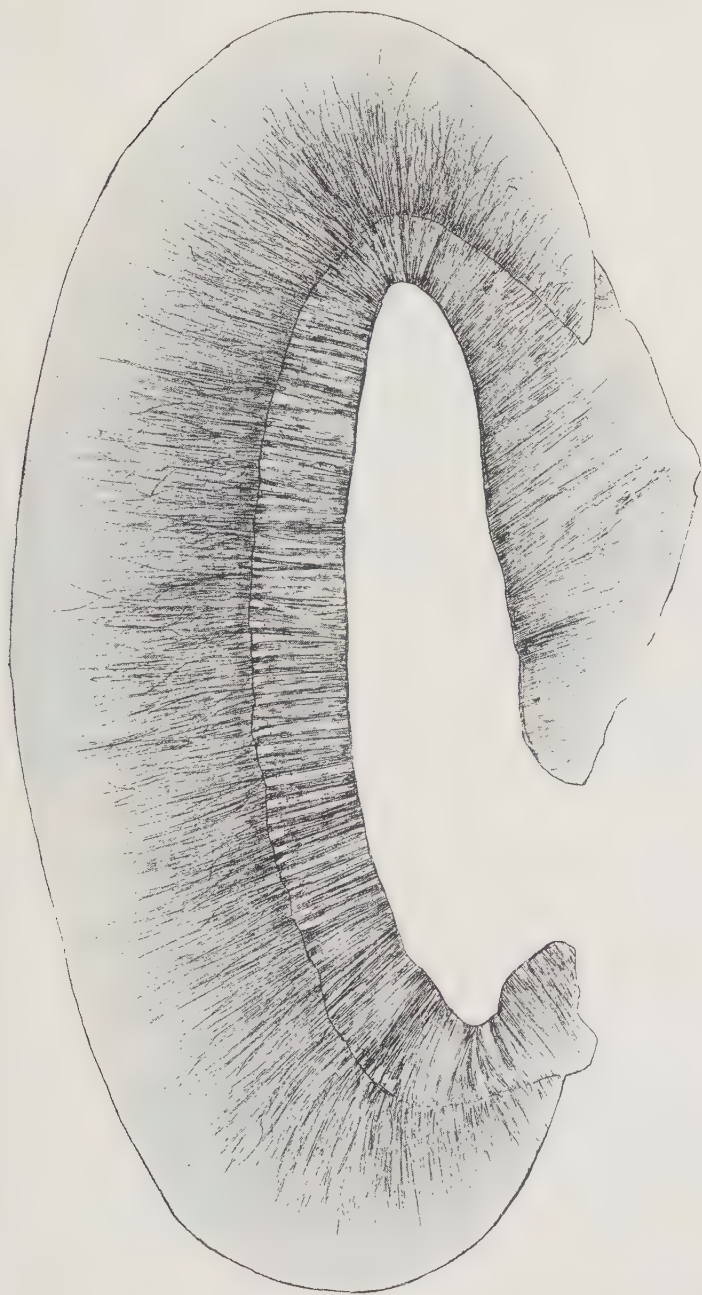


Fig. 46. — Dent de *Pycnodus Itieri* Thioll., Portlandien. Cerin
(Ain).

× 14.

démontre que les facteurs mécaniques ne règlent pas son développement¹⁾. Ici encore la structure est indépendante de la forme.

L'émail tubulaire anhiste est une masse incolore, vitreuse, d'une réfringence égale à celle du verre, à tel point que lorsqu'une région de ce tissu dépourvue de canalicules se trouve dans le champ du microscope, il est impossible de distinguer, s'il s'agit d'une portion de la dent ou de la lame seule. On n'y décèle aucune structure, pas de prismes ni de lignes d'accroissement, et cela, quel que soit le sens

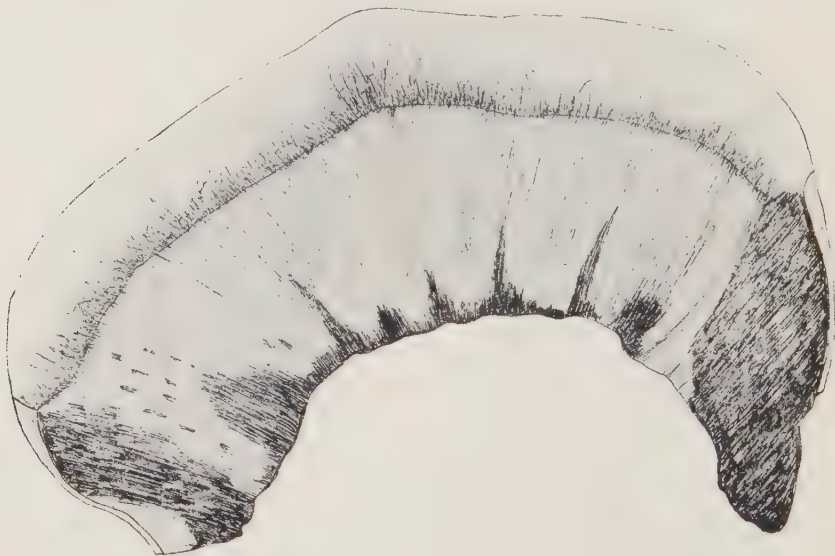


Fig. 47. — Dent de *Mesodon Bucklandi* Ag., Séquanien (Calvados).

× 24.

des coupes. On trouve, parfois, des calcosphérites épars; et, chez *Lepidotus*, on voit, en lumière polarisée, sur les bords de la couronne, des zones plus brillantes, formant des lignes confuses, groupées en vagues faisceaux. Des fibres, formant un réseau irrégulier mêlé aux canalicules, s'observent en cet endroit (Fig. 45 C). Parfois, aussi

¹⁾ Un histologiste français, M. Retterer, pense que l'émail n'est qu'une transformation de la région périphérique de la dentine due à l'attrition. Par conséquent, ce tissu ne doit exister que sur les dents broyeuses et manquer sur les dents pointues, et c'est ce que croit démontrer cet auteur. Sa théorie est formellement contredite par les faits.

dans la masse vitreuse, la polarisation décèle des lignes plus claires, d'une teinte un peu différente du champ, mais ne montrant aucune structure définie.

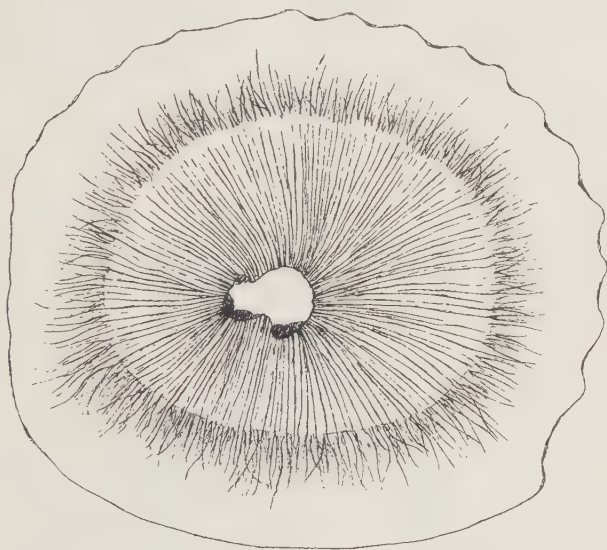


Fig. 48. — Dent de *Saurichthys acuminatus* Ag., Rhétien. Arkoses de Bourgogne.
Coupe transverse.

× 38.

Au sein de cette masse hyaline est un buisson touffu, parfois inextricable, de canalicules. Dans l'orthodentine sous-jacente, ces canalicules sont branchus, souvent divisés. Un certain nombre se terminent en se ramifiant avant d'arriver à l'émail; mais la plupart,

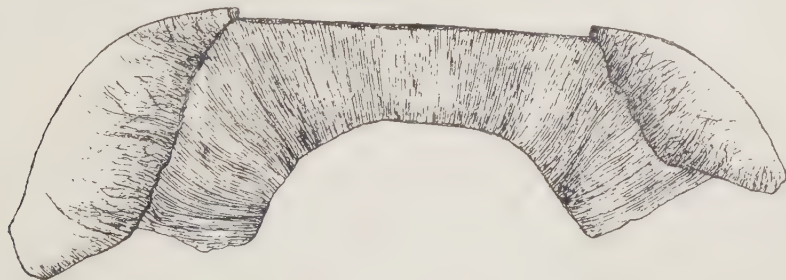


Fig. 49. — Dent abrasée.
Mesodon damoni A. S. W., Portlandien (Angleterre).

× 25.

sinon tous en bien des cas, passent dans celui-ci. Les canalicules, en pénétrant dans l'émail, cessent d'être branchus, ils décrivent des courbes à grands rayons, capricieuses; ils paraissent ainsi enchevêtrés, leurs directions étant des plus variées; les uns vont presque droit, d'autres se courbent jusqu'à devenir perpendiculaires aux premiers; en somme, ils sont en désordre complet. Lorsqu'ils sont nom-



Fig. 50. - Pointe d'une dent tranchante (Ostéodentine et émail).

Ancystrodon armatus P. Gervais, Lutétien (Limay, S.-et-O.).
(On voit, dans l'émail, les cellules erratiques représentées Fig. 57.)

× 40.

breux et serrés, ce qui est le cas le plus habituel, ils acquièrent un peu de régularité, mais lorsqu'ils sont peu serrés, on ne saurait en trouver deux qui soient parallèles. Ces canalicules se bifurquent souvent, parfois même plusieurs fois, à différents niveaux, mais surtout à la base. Il en est qui sont très divisés (*Gyrodus*). Leur aspect est donc tout différent de ce qu'il était dans la dentine; ils n'ont plus de branches courtes normales au tronc. Leur calibre peut rester le

même, diminuer ou augmenter; cette variation ne dépend que de leur nombre, c'est-à-dire de la place dont ils disposent. Chez *Pycnodus* (Fig. 46), ils sont très nombreux et très serrés; ils diminuent de grosseur en pénétrant dans l'émail. Chez *Lepidotus*, ils conservent sensiblement la même taille. Enfin, chez *Sargodon* (Fig. 51 et 52), ils augmentent notablement de calibre dès leur entrée dans l'émail, car ils sont peu serrés, la surface de la dentine étant très grande par suite



Fig. 51. Canalicules dans la dentine et l'émail.
Sargodon tomicus Plien., Rhétien.
 (Dentine, en bas; émail, en haut.)

de l'existence des digitations; ils disposent ainsi d'une large place et ne se gênent point les uns les autres. Cette disposition particulière fait des dents de *Sargodon* un matériel de choix où les canalicules adamantins sont particulièrement nets et bien observables. Dès leur arrivée dans l'émail, ils augmentent de calibre sans transition comme si, sortis d'un milieu où ils étaient comprimés, ils devenaient tout à

coup libres et se gonflaient. Au niveau des premières couches adamantines, très souvent, ils se bifurquent, parfois se trifurquent (Fig. 55). Leurs parois sont lisses, et c'est progressivement qu'ils s'effilent et se terminent en pointe. Leur trajet est souligné par les granulations minérales qui les remplissent. Ils produisent, aux forts grossissements, une des plus belles images que puisse donner un tissu fossile.



Fig. 52. — Canalicules dans une digitation de la dentine.

Sargodon Tomicus Plien., Rhétien.

(À gauche, dentine; à droite, émail.)

× 400.

Ces canalicules, particulièrement chez *Sargodon*, semblent flotter au sein d'un liquide transparent. A partir de la ligne de séparation des deux tissus, leurs trajets sont des plus variables, sans aucun parallélisme. Les digitations éburnéennes, où les canalicules sont plus longs et un peu plus serrés qu'ailleurs, ont un aspect de pinceau. Toute la surface de la dentine semble hérissée de longs poils en désordre. Chez *Lepidotus*, ils forment un buisson serré, inextricable; il en est de même chez les *Pycnodontes* (Fig. 47); les canalicules chez ceux-ci sont souvent divisés vers leur extrémité, mais ce n'est qu'aux endroits où ils sont peu nombreux que l'on peut suivre leurs trajets (Fig. 54). Dans tous les genres observés, ce qui frappe d'abord c'est l'indépendance d'allure des canalicules; si beaucoup sont grossièrement parallèles entre eux, il en est un grand nombre qui se recourbent pour devenir parallèles à la surface de la dentine ou

s'incliner vers elle. Une telle disposition ne peut être que le résultat d'un libre développement des canalicules au sein d'un milieu qui ne présentait pas d'obstacle à leur croissance.

Pour interpréter cet émail, il est nécessaire de le comparer à celui des Marsupiaux. Chez tous les animaux de ce groupe, à l'unique exception du Wombat (*Phascodomys wombat*), les tubes de la dentine se prolongent dans toute l'épaisseur de l'émail, lequel est plus volumineux que chez les autres Mammifères (J. T o m e s). La ressemblance entre les deux tissus est très grande, à tel point que la figure



Fig. 53. — Canalicules de la dentine et de l'émail.

A — *Lepidotus*.

B — *Macropus* (d'après Ch. T o m e s).

donnée par Ch. T o m e s d'un canalicule éburnéo-adamantin isolé de *Macropus* pourrait se superposer à celle d'un même canalicule pris chez *Lepidotus* (Fig. 53). Même changement brusque au même niveau et même allure dans les deux parties du trajet. Au sein de la dentine, le canalicule présente de nombreuses et courtes branches, partant à angle droit du tronc. Elles sont bien visibles chez les fossiles et sont colorables chez les vivants. Un très petit nombre de canalicules se terminent par ramification dans la dentine même. Ceux qui

passent dans l'émail deviennent alors lisses, sont dépourvus de branches; quelquefois, ils se bifurquent dans les premières couches ou même plus haut, mais sans présenter de véritable ramification. Ils se terminent en s'effilant non loin de la limite externe de la dent. La ressemblance est complète sous ce rapport entre Marsupiaux et Amioïdes; cependant les trajets des canalicules diffèrent. Chez *Lepidotus*, les canalicules, dans l'émail, cessent d'être parallèles entre eux et se croisent capricieusement; ils dessinent des courbes variées à grands rayons, tandis que, chez *Macropus*, ils restent à peu près parallèles dans l'émail, mais les deux parties du trajet ne se continuent pas toujours en ligne droite.



Fig. 54. — Canalicules dans l'émail.
Gyrodus Cuvieri Ag., Oxfordien (Angleterre).

× 220.

Il est évident qu'un pareil comportement des canalicules dans l'émail est inconciliable avec la théorie classique de leur production par un recul régulier des odontoblastes. On ne peut concevoir ces cellules reculant, chez *Pycnodus*, sur les deux tiers de leur parcours sans produire de dentine et tout à coup en produisant. Et l'on s'expliquerait encore moins, de cette manière, que de telles cellules soient parties de points aussi variés que le sont les terminaisons des canalicules, pour venir, après des trajets si compliqués et si divers, se placer en rangées parallèles et produire une dentine normale. On ne pourrait ainsi que très difficilement rendre compte du changement

de calibre des canalicules et pas du tout de leur bifurcation. Comme dans le cas des digitations de la dentine, et avec plus de netteté encore, on se heurte à l'impossible. On doit, pour leur portion adamantine, rejeter l'hypothèse du développement centripète des canalicules dentaires. Leur croissance centrifuge se trouve ainsi démontrée par l'absurde¹⁾. De plus, elle semble très possible. Nous avons vu que l'accroissement centrifuge par processus secondaire des fibrilles de la dentine ou des prolongements des ostéoblastes avait



Fig. 55. — Canalicules dans l'émail.
Sargodon tomicus Plien., Rhétien.
(La dentine est au bas de la figure.)

été reconnu, en plusieurs cas, par von Ebner, Kölliker, Röse, Stephan. La production du canalicule adamantin peut se ramener à un pareil phénomène. Cependant, chez les Amioïdes, dont les dents sont faites d'orthodentine, un développement autonome de la fibre dentaire est encore possible d'une manière plus ample et plus compliquée. Ce que l'on nomme la « fibre de Tomes » n'est pas toujours un simple prolongement protoplasmique. De nombreux

¹⁾ Ce n'est que pour la logique de l'exposition que nous faisons cette démonstration, car la pénétration des canalicules de la dentine dans l'émail par un processus secondaire est aujourd'hui admise (Ch. Champy).

histologistes ont admis l'existence de nerfs sans myéline à l'intérieur des canalicules de la dentine. Il existe, dans la pulpe superficielle, au niveau des odontoblastes, un réseau formé de cellules nerveuses et de leurs prolongements. J. H. Mummery a pu mettre en évidence des nerfs intra-canaliculaires venus de ces cellules. La fibre de Tomes est innervée et constitue un complexe organique. Sans doute, cette innervation n'est pas indispensable à la croissance de la fibre, mais il y a peut-être lieu de l'invoquer pour expliquer les cas où cette fibre a, dans l'émail, une longueur considérable. Quoi qu'il en soit, elle peut s'accroître par elle-même en direction centrifuge, si elle rencontre un milieu qui lui soit pénétrable. L'émail des Amioïdes a dû remplir cette condition. En effet, l'allure capricieuse des canalicules en son sein démontre qu'ils ont pénétré librement, sans rencontrer aucun obstacle. Et l'homogénéité du tissu, l'absence de toute structure indique qu'il n'a pas été déposé par couches successives. Car même les rares traces de lamination ou d'apparence fibreuse, vues en lumière polarisée, n'indiquent aucune stratification. Cet émail a nécessairement passé par un état liquide ou semi-liquide, et les canalicules ont pu alors s'y développer librement à la manière de vaisseaux sanguins de néoformation, c'est-à-dire en poussant des pointes. Ils ont suivi la règle générale des canalicules et petits vaisseaux des tissus ostéoïdes dentaires, qui est de se terminer à pointe perdue et que l'on retrouve aussi bien dans les canalicules de l'ostéodentine que dans les vaisseaux peut-être capillaires de la syndentine.

Si nous comparons ce qui s'est passé dans l'émail des Amioïdes et dans celui des Marsupiaux, nous pouvons expliquer de la même manière la pénétration des canalicules dans l'émail des Mammifères. En effet, von Ebner et J. H. Mummery ont démontré, contrairement aux vues de Ch. Tomes, que les canalicules chez les Marsupiaux pénétrant *entre* les prismes et non pas *dans* les prismes. Ils sont donc placés au sein de la substance interprismatique, et l'on sait que celle-ci a été calcifiée postérieurement aux prismes. Elle est moins compacte que ceux-ci. Dans la carie de l'émail, on pense généralement que le ciment interprismatique est decalcifié avant les prismes; il est donc moins résistant. Cette matière interstitielle a d'ailleurs une origine différente de celle de la substance prismatique. Ainsi, elle a été plus longtemps perméable que les prismes, et les canalicules ont pu y pénétrer librement. Etant donné que les canalicules se comportent de même et au sein d'une pareille substance non prismatique, dans les deux groupes que nous étudions, il est admissible

que la substance interprismatique de l'émail des Marsupiaux soit l'homologue de la totalité de l'émail anhiste des Amioïdes.

Il est donc des plus vraisemblables que l'émail des Amioïdes a été fluide, logé dans une sorte de poche sous l'épithélium adamantin. La calcification de cet émail a dû se faire, d'une manière relativement tardive, par l'intermédiaire des canalicules. On sait que la fibre de Tomes conduit les sels de calcium à travers la dentine en formation; elle peut tout aussi bien les conduire dans l'émail où elle pénètre si profondément. Chez les fossiles, les canalicules adamantins sont remplis de granules minéraux, et ils sont parfois extérieurement encroûtés par un dépôt calcaire, ce qui plaide en faveur de leur rôle calcifiant. J. H. Mummery assigne la même fonction aux canalicules de l'émail inversé des Sparidés et Labridés. Peut-être, la calcification s'est-elle produite de même dans la substance interprismatique des Marsupiaux.

Tandis que, chez les Amioïdes, les canalicules courent en tous sens à travers l'émail, chez les Marsupiaux ils sont parallèles. Cela tient à ce que, dans ce dernier groupe, ils sont en quelque sorte guidés par les prismes entre lesquels ils cheminent. Ceux-ci apparaissent comme une formation secondaire de l'émail puisqu'ils manquent dans la forme la plus primitive des Ganoïdes fossiles. L'émail de ceux-ci a été formé par un organe adamantin (naturellement inconnaissable) qui a sécrété ou à travers lequel a dialysé une substance fluide au sein de laquelle des canalicules, venus de la dentine et dont le rôle a été vraisemblablement calcifiant, ont pénétré largement. La masse entière est restée incalcifiée un certain temps qui suffit à la pénétration complète des éléments centrifuges de la dentine. L'évolution en reste là chez les Amioïdes; mais, chez des formes plus élevées, l'émail se complique par l'apparition des prismes. Ceux-ci n'existent pas chez tous les Téléostéens; ainsi, chez *Phyllodus*, les canalicules qui pénètrent de la dentine dans l'émail sont rectilignes mais se croisent et ne sont nullement parallèles, alors qu'ils devraient l'être si des prismes étaient interposés entre eux. Ces éléments paraissent réduits lorsqu'ils existent. Ainsi Röttger, qui décrit des prismes dans l'émail des Téléostéens, signale que la substance interprismatique est très abondante. D'après cet auteur, chez *Trochocopus*, l'émail est formé de prismes larges de $2\ \mu$ à $7\ \mu$ que séparent des cordonnets de ciment interprismatique épais de $2\ \mu$ à $5\ \mu$. Il y a donc autant de substance interstitielle que de substance prismée.

Ces prismes se calcifient rapidement et limitent ainsi la pénétration des canalicules. Ceux-ci ne peuvent alors pénétrer qu'entre les

prismes. C'est ce qui est réalisé chez les Marsupiaux. Puis, l'importance de ces nouveaux éléments va croissant, la substance interprismatique se réduit, et la calcification se fait d'une manière plus rapide; les canalicules peuvent donc de moins en moins pénétrer dans l'émail. Déjà chez un Téléostéen, *Sargus vulgaris*, les canalicules mésoblastiques ne pénètrent dans l'émail que sur une courte distance et se terminent à la couche très calcifiée et prismatique située plus haut dans le tissu (J. H. Mummery). En ce cas, leur présence est limitée à une portion basilaire peu calcifiée, non prismatique, de l'émail, donc tout à fait semblable à la substance interprismatique. Chez les Mammifères placentaires et l'Homme, on ne trouve plus les canalicules adamantins que dans des espaces incomplètement calcifiés, donc dépourvus de prismes et situés au voisinage de la dentine. Les auteurs anglais nomment « *spindles* » ces espaces ou lacunes en forme de fuseaux. Souvent, ils semblent la simple continuation des canalicules; d'autre fois, ceux-ci semblent s'y perdre; mais J. H. Mummery a démontré que les canalicules de la dentine sont distincts des « *spindles* » et les traversent. Mais s'ils les dépassent, ils ne constituent que d'une longueur très faible leur course dans l'émail. Ainsi, les « *spindles* » nous apparaissent, non pas seulement comme des malformations ou des vices de calcification, mais comme les restes de l'importante substance interprismatique des Mammifères inférieurs, c'est-à-dire le reliquat d'un émail primitif, non prismatique.

Il y a donc dans l'émail deux matières distinctes, l'une prismatique se développant après l'autre et l'envahissant peu à peu. Sans doute, la substance interprismatique n'est-elle pas produite par l'action des adamantoblastes. La sécrétion de ces cellules est prismatique, et les cils qui les garnissent donnent cette forme à la substance sécrétée. De même que les prismes prédominent peu à peu dans l'émail des divers groupes, les adamantoblastes semblent acquérir une importance croissante. Cette spécialisation progressive a été notée par Ch. Toms; selon lui, ces améloblastes qui, dans les variétés mixtes d'émail, ne prennent qu'une part dans le travail, acquièrent la prépondérance et arrivent à produire le tissu à eux seuls. Cette opinion s'oppose au concept de l'émail envisagé comme tissu primitif. Mais Toms se basait sur l'émail des Squalés, et c'est dans l'émail tubulaire, anhiste et prismatique, que les adamantoblastes semblent devenir peu à peu prépondérants. Il est douteux que ce soient là les formes primitives de l'émail. Et la contradiction disparaît, si l'on considère l'émail placoïde comme primitif. Il n'est point d'origine

mixte, ni formé de deux substances différentes. Avec lui, nous trouvons un tissu homogène, compact, entièrement dû à l'action de l'épiderme, donc d'une couche d'adamantoblastes, peut-être moins hautement spécialisés que ceux des Mammifères, puisque ce tissu ne montre pas de prismes. Bien plus que les autres variétés dont nous avons vu l'évolution, l'émail placôide semble le revêtement dur primitif de la théorie de Klaatsch et qui rappelle les tissus protecteurs des Invertébrés.

Un émail semblable et assurément identique à celui des Amioïdes recouvre l'ostéodentine sur les dents d'*Ancystrodon armatus* (Fig. 50). La dentine présente une surface bosselée, ses canaux n'atteignent pas cette surface vers laquelle n'existe aucune régularisation des éléments. Les canalicules partent des canaux pulpaux profonds et passent dans l'émail, mais ils semblent entraîner avec eux un peu de substance fondamentale, ce qui n'existe pas ailleurs. Ce sont des canalicules d'ostéodentine; ils ne présentent donc point de branches perpendiculaires et ne sont point parallèles. Ainsi, ils ne changent guère d'allure en pénétrant dans l'émail. L'émail est anhiste, vitreux, réfringent. On y rencontre des corps qui sont sans doute des cellules et que nous décrirons plus loin.

Cet émail ne se distingue pas de celui des Semionotidés. Les canalicules, qui sont de natures différentes et présentent des caractères spécifiques dans la dentine, sont, dans l'émail, semblables dans les deux cas. Cela démontre que la forme des canalicules de l'émail dépend de la nature du milieu dans lequel ils ont pénétré et non de leur origine. Qu'ils viennent d'une variété ou d'une autre de dentine, pénétrant au sein d'un tissu identique, ils se comportent de la même manière.

L'accroissement centrifuge des canalicules est bien un fait général, puisqu'il se produit dans des tissus différents. Le cas d'*Ancystrodon* démontre aussi que l'émail tubulaire anhiste n'est pas lié à l'existence d'une orthodentine.

Émail inversé

Plusieurs auteurs ont décrit chez certains Squalés tels que *Cestracion* (= *Heterodontus*) *Philippi* et *Lamna cornubica* un émail mal délimité du côté interne et pénétré par des canalicules s'ouvrant à l'extérieur et se terminant au sein de l'émail. Ils sont disposés à l'inverse des canalicules de l'émail tubulaire, décrit plus haut. On peut donc nommer ce tissu *émail tubulaire inversé*, car il est certaine-

ment très différent de l'autre émail tubulaire, bien qu'il coexiste souvent avec lui. Chez *Cestracion*, on décrit des tubes pénétrant l'émail, venant aussi bien du dehors que de la dentine. Chez *Lamna*, ce ne sont que des stries fines dont il n'est pas démontré qu'elles soient de nature tubulaire. Tandis que J. H. Mummery a pu colorer les canalicules de *Cestracion*, Ch. T. Omes dit avoir échoué chez *Lamna*. D'après J. H. Mummery, les deux systèmes de tubes, interne et externe, communiqueraient l'un avec l'autre par leurs plus fines subdivisions. Ce fait montre qu'il s'agit peut-être de fibres prolongeant celles qui constituent la charpente compliquée de la fibrodentine plutôt que de véritables canalicules avec inclusions protoplasmiques. Sur les coupes non colorées de *Lamna* et *Galeocerdo* actuels, on ne voit qu'une striation assez fine limitée à la portion périphérique de l'émail. Etant donné les caractères de la fibrodentine dont l'émail est peu distinct, on peut supposer qu'il s'agit là d'une modification analogue de la dentine. Il est évident que la nature tubulaire des « canalicules » venus de l'extérieur n'est pas démontrée chez les Squales.

Plus caractéristique est l'émail inversé des Téléostéens. Ce tissu, étudié par J. T. Omes, puis par J. H. Mummery, s'observe dans les familles des Sparidés et des Labridés. L'émail, chez ces Poissons, est parfois aussi pénétré par les canalicules de la dentine. Chez *Sargus noct*, les deux systèmes de tubes s'entrecroisent, tandis que, chez *Sargus vulgaris*, les canalicules d'origine éburnéenne ne pénètrent dans l'émail que sur une courte distance et n'atteignent pas ceux qui viennent de l'extérieur; enfin, chez *Sargus ovis* il n'y a aucune pénétration des tubes de la dentine¹⁾.

La pénétration par les tubes externes est encore plus complète chez les Labridés. L'émail des dents pharyngiennes de *Scarus* forme un revêtement épais et les tubes, après un tiers de leur course, se croisent les uns les autres dans toutes les directions et courent le long du bord de la dentine, mais paraissent n'avoir aucune connexion avec celle-ci. L'émail est très développé, et la dentine est réduite, surtout dans les dents maxillaires. Von Boas admet une résorption de la dentine et décrit comme lacunes d'Howship des contours d'absorption entre émail et dentine. Chez *Scarus*, l'émail peut

¹⁾ C'est là un des très rares exemples de variation spécifique de l'émail, le seul, sans doute, connu chez les Poissons. Un autre est fourni par les Leporidés (T. Carter). Par contre, la dentine, plus variable, change quelquefois d'une espèce à l'autre (*Dendrodus*, *Labyrinthodon*).

être également pénétré par des tubes, sans doute vasculaires, qui existent à l'état sporadique dans la dentine.

Parmi les Labridés fossiles, chez *Phyllodus*, *Egertonia*, l'émail inversé n'existe pas. L'émail se complique de zones fibreuses et granuleuses. Les tubes se dirigent vers l'extérieur et se terminent en pointe en deçà de la surface; cependant, on ne peut suivre le trajet de ces tubes jusqu'à la dentine; ils semblent se perdre dans des réseaux fibreux, d'ailleurs mal conservés. Il n'y a pas de tubes venus de l'extérieur. Les dents pharyngiennes de *Labrodon trapezoidalis* Leriche (Lutetien) ne montrent pas d'émail inversé, mais seulement une couche claire à la surface de la dentine et dans laquelle les canalicules pénètrent.

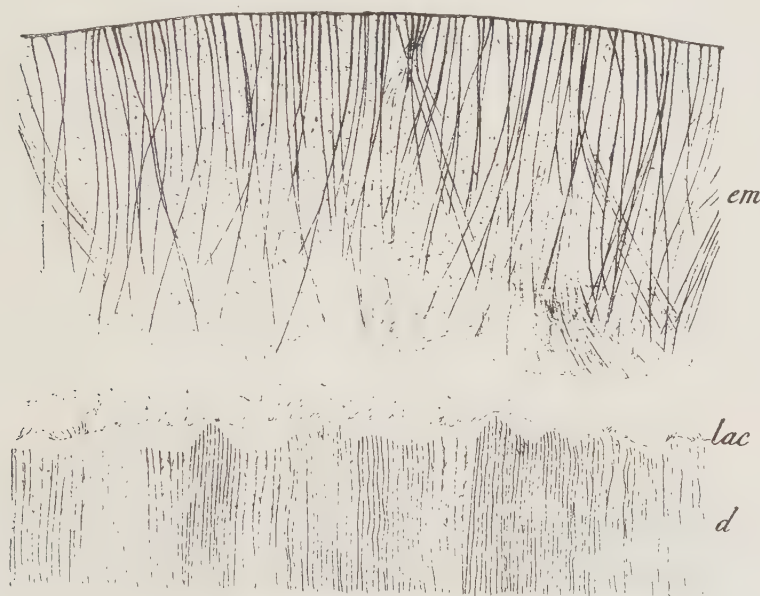


Fig. 56. — Émail inversé.

Chrysophrys cincta Ag., Burdigalien (Bouches-du-Rhône).

d. = dentine; lac. = lacunes d'Howship; ém. = émail.

× 85.

En ce qui concerne les Téléostéens, la nature tubulaire des canalicules pénétrant l'émail depuis l'extérieur a été bien démontrée par J. H. Mummery. Cet auteur pense qu'ils ont une fonction calcifiante. Il estime que la portion de l'émail située au contact de la dentine, zone parfois pénétrée par les canalicules venus de celle-ci,

est l'œuvre de véritables adamantoblastes. Après sa formation, les adamantoblastes disparaissent, et le reste de l'émail se dépose avec une structure qui a pris la forme d'un organe vasculaire sécrétant. Ainsi la portion non pénétrée par les tubes venus de l'extérieur serait seule l'œuvre des améloblastes, donc seule comparable aux autres variétés d'émail. L'émail inversé est donc bien distinct de l'émail tubulaire quoi qu'il puisse, rarement il est vrai, enchevêtrer ses canalicules avec ceux de celui-ci.

Nous figurons cet émail inversé chez *Chrysophrys* (Fig. 56) où il ne coexiste pas avec des canalicules éburnéens. Les tubes externes n'atteignent pas les couches profondes de l'émail, et celles-ci sont fibreuses; on y voit des faisceaux fibrillaires très fins, vaguement dessinés et sans orientation fixe. Entre la terminaison des canalicules de la dentine et l'émail fibreux, existe une zone claire compacte qui sépare plus nettement les deux tissus que ne sont séparés d'ordinaire la dentine et l'émail. Cette couche, aux contours irréguliers, dépourvue d'éléments figurés, et qui semble une zone de rupture représente sans doute les lacunes d'Howship décrites par von Boas. Les canalicules adamantins ont à peu près l'allure capricieuse que l'on trouve chez les Amioïdes; ils sont de même souvent bifurqués. Leur aspect est plus rigide, ils sont moins touffus et plus courts.

Chez les Labridés fossiles étudiés, il n'y a pas d'émail inversé. Celui-ci n'est donc pas vraiment caractéristique de la famille.

Cellules erratiques dans l'émail

Sur une coupe faite à travers une dent tranchante d'*Ancystrodon armatus*, du Lutétien, on observe, disséminés à travers l'émail, mêlés aux canalicules, mais sans communication avec eux, des corps de formes variées (Fig. 57). Quelques-uns ressemblent à des odontoplastes, mais leur orientation n'est pas régulière; d'autres sont semblables aux anses vasculaires signalées dans la dentine de *Sargus*, mais leur orientation est inverse; il en est de très irréguliers. Ces corps polymorphes comprennent toujours une partie renflée, en forme de boule, de poire ou de croissant, et un, deux ou même trois prolongements ramifiés, parfois très longs. Ceux-ci sont généralement dirigés à l'opposé de la dentine vers la surface de l'émail. Les plus petits de ces corps ont la taille d'un odontoplaste, mais d'autres sont beaucoup plus gros. Ils n'ont ni la forme régulière, ni l'orientation fixe de ces cellules. Parfois, ces corps sont formés de matière granuleuse opaque; d'autres fois, on distingue une cavité occupée

seulement en partie par la matière opaque qui présente des zones concentriques. La figure ainsi produite rappelle une cellule plasmolysée. Il semble que l'on soit en présence de cellules restées dans l'émail, et qu'au moment où celui-ci s'est calcifié, les cellules se sont plus ou moins rétractées, desséchées, puis imprégnées de sels minéraux. S'il en était ainsi, ce serait le protoplasme lui-même qui aurait passé à l'état fossile.



Fig. 57. — Cellules erratiques dans l'émail.
Ancystrodon armatus P. Gervais, Lutétien.

× 310.

Ces corps ne peuvent être que des cellules. Leur forme est trop définie pour qu'ils soient des lacunes. Ce sont peut-être des odontoblastes ou ostéoblastes, en quelque sorte égarés, restés dans l'émail, alors qu'il était encore fluide. Mais la vraie nature de ces cellules erratiques, leur rôle physiologique et surtout la cause qui les a isolées et pétrifiées nous échappent. Le tissu sous-jacent étant une ostéodentine, il peut s'agir d'éléments peu différenciés, intermédiaires entre les ostéoblastes et les odontoblastes.

L'émail des Poissons fossiles, en dehors de cette coupe d'*Ancystrodon*, ne nous a montré rien de comparable.

CHAPITRE X

CALCOSPHERITES

Au cours du phénomène de la calcification, les sels de calcium ne se déposent pas comme une matière amorphe, ni selon leurs formes cristallines habituelles. En présence de l'albumine, ces sels se précipitent sous forme de globules, lesquels se fusionnent ensuite et perdent leurs contours individuels en formant une masse compacte. Ces globules sont constitués d'une sorte de charpente ou stroma d'une substance organique, la calcoglobuline, survivant à l'action des acides, et dans laquelle s'est fixé le dépôt calcaire. Ces corpuscules, qui semblent caractéristiques de tous les tissus calcifiés, ont été découverts par Rainey. Etudiés ensuite par Harting, ils ont reçu de lui le nom de *calcosphérites*. Leur production peut être obtenue expérimentalement lorsqu'on met en présence certaines albumines et des sels de calcium, principalement du carbonate. La forme de ces corps est très variable.

En règle générale, les calcosphérites disparaissent, se fusionnant en une masse compacte, dans les tissus durs définitifs. Mais il est fréquent de les observer, en quelque sorte à l'état de reliquat par suite d'un arrêt de développement. Ils ont été rencontrés au sein de tissus très divers; dans la coquille des Mollusques (Rainey), la carapace des Crabes, dans les tissus calcifiés néoplasiques (A. Pettit), dans l'émail et la dentine (Ch. Tomes, J. H. Mummery). Ils se montrent, parfois, dans le tissu osseux, et un observateur a pu conclure de l'examen d'une tumeur calcifiée: « Le fait qu'il existe une série de transitions insensibles entre les calcosphérites libres et le tissu osseux lui-même me semble montrer que ce dernier est dû, en partie tout au moins, à la coalescence et à la fusion de corpuscules calcaires » (A. Pettit). Le même processus peut être observé dans l'orthodentine, particulièrement dans la région radiculaire. Chez *Mesodon* (Fig. 33), on voit du côté de la pulpe des calcosphérites libres, puis des calcosphérites soudés en masses plus volumineuses, et enfin la dentine irrégulière mais compacte ne présente plus que des courbes successives dont les convexités sont tournées vers la pulpe et révèlent le mode de formation du tissu.

Ainsi, au fur et à mesure que la calcification progresse, les calcosphérites s'accroissent, puis se fusionnent en masses plus ou moins

volumineuses et cessent d'être distincts. Ils ne sont donc pas visibles d'ordinaire dans le tissu définitif. Cependant, on les y rencontre à l'état sporadique, et les dents des Poissons en contiennent assez souvent, surtout dans la dentine. Leur persistance s'explique par un arrêt de développement banal, par une calcification légèrement imparfaite. On sait, d'ailleurs que c'est le manque de cohésion des sphérîtes qui produit les espaces interglobulaires de C z e r m a c k. La présence, la forme et la disposition des calcosphérîtes peuvent nous renseigner sur le mode de formation des tissus dans lesquels ils sont inclus. Ils peuvent donc être d'une grande importance dans l'étude de tissus représentés exclusivement à l'état fossile.

Nous avons rencontré dans la dentine ou l'émail des calcosphérîtes du type ordinaire sphérique, des concrétions plus irrégulières et des formes cristallines. On peut comprendre tous les corps concrétionnés rencontrés dans les tissus calcifiés sous le nom de calcosphérîtes, car la forme de ceux-ci est très variable. Il a été signalé surtout des masses arrondies, à striation radiaire ou concentrique, et aussi des formes allongées, en bâtonnets, en sabliers, en croix, etc...

Calcosphérîtes dans l'ostéodentine

Sur les coupes faites à travers une dent de *Dactyiodus concavus*, du Carbonifère, laquelle est constituée uniquement d'ostéodentine, nous avons observé des concrétions variées (Fig. 58). Ce sont des sphères à contours nets ou en voie de désintégration et des formes cristallines. Celles-ci peuvent être soit de petits cristaux à section carrée ou hexagonale, isolés ou en groupes de deux ou trois, épars dans les canaux pulpaire, ou bien des formes plus grandes et moins régulières, disséminées au sein de la substance fondamentale. Parmi ces dernières, les unes sont groupées en nids et entourées d'un îlot de matière granuleuse. Ce sont des cristaux corrodés comme les cristaux du premier temps d'une roche microgrenue. Ils ont eu peut-être même destin, c'est-à-dire que, formés au sein d'une substance molle encore, ils ont été ensuite entamés par des remaniements accompagnant la calcification définitive. Les autres corps enfin, toujours isolés, sont des concrétions plus grandes qui, sur la coupe, présentent la forme d'un quadrilatère aux angles plus ou moins arrondis. Les unes ont l'aspect de deux cubes creux emboîtés, les autres d'un cube contenant une sphère; d'autres présentent un sphérîte central entouré d'un dépôt de forme arrondie auquel il n'adhère pas. Ces corps variés et complexes n'ont montré aucun

phénomène de polarisation susceptible de renseigner sur leur nature. Il n'y a pas lieu de supposer qu'ils soient dus à la fossilisation, car une partie d'entre eux correspond à ce que l'on trouve fréquemment dans les tissus actuels.

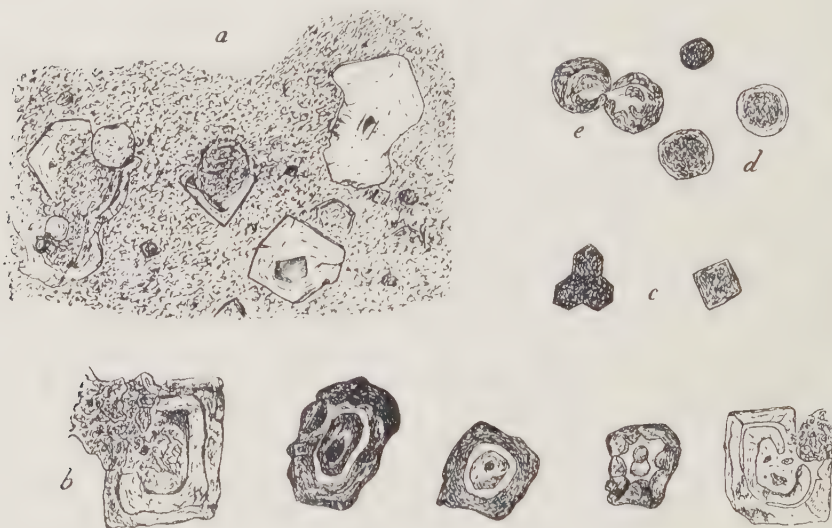


Fig. 58. — Formes cristallines dans l'ostéodentine.
Dactylodus concavus Frd., Carbonifère de Russie.

a = formes cristallines en nid; *b* = formes cristallines éparses; *c* = cristaux dans les canaux pulpaire; *d* = calcosphérites dans les canaux pulpaire; *e* = calcosphérites dans la substance fondamentale.

× 250.

Calcosphérites dans l'orthodentine

C'est dans ce tissu que se rencontrent le plus souvent les calcosphérites. On interprète comme un manque de fusion et de soudure de ces éléments, c'est-à-dire comme une calcification imparfaite, les espaces interglobulaires de C z e r m a c k. Ceux-ci sont fréquents chez les fossiles, et on peut les observer sur des coupes très minces de dentine de *Lepidotus*. Des calcosphérites régulièrement ronds et isolés se montrent abondants sur quelques préparations de *Sargodon*, mais exclusivement au sein de la dentine et jamais dans l'émail (Fig. 59 B). Ils sont abondants et plus nets à la périphérie que dans les couches profondes. Ils sont parfois nombreux dans les digita-

tions où l'on peut les suivre jusqu'à l'extrémité mais non au-delà. Ce sont des sphères présentant un centre plus compact et dont la zone externe est souvent en voie de désintégration. Le calcosphérite entier peut être dissocié et réduit à une silhouette.

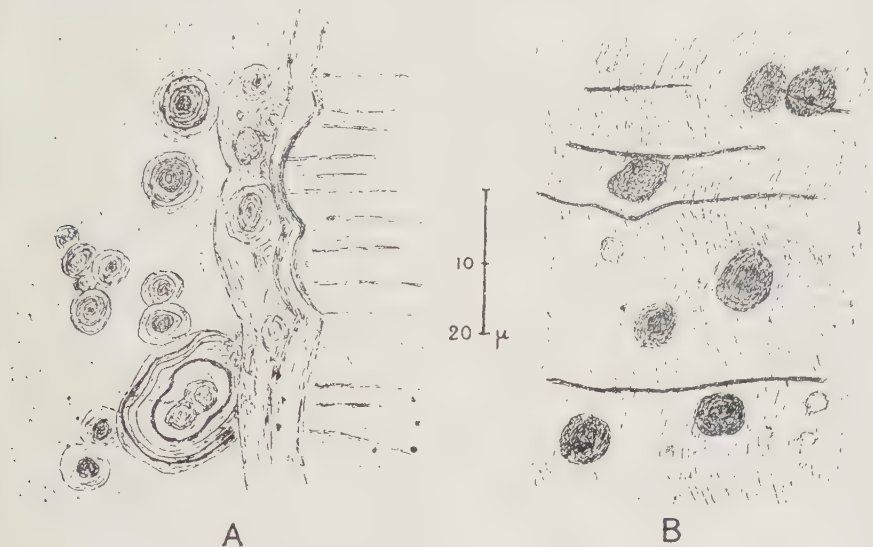


Fig. 59. — Calcosphérites dans l'orthodentine.

A — *Mesodon* (racine).

B — *Sargodon tomicus*.

Calcosphérites dans l'émail

Certaines coupes de dents de *Sargodon* montrent, dans l'émail, de très nombreuses concrétions, lesquelles sont d'un type tout à fait différent des calcosphérites rencontrés dans la dentine sous-jacente (Fig. 60). Les plus petits de ces corps ne sont que des grains réfringents et sans structure. On les rencontre vers la limite des tissus et particulièrement à la limite interne de l'émail du collet. Ils sont répandus aussi, mais plus disséminés, dans toute la masse de l'émail tubulaire anhisté. D'autres corps plus complexes et plus gros montrent, autour d'un centre réfringent, qui n'est sans doute qu'un de ces grains déjà cités, plusieurs couches concentriques à contours vaguement polyédriques. Autour de l'une ou englobant deux de ces concrétions, se voit une substance qui semble moins compacte, ne présente pas de zones d'accroissement et dont les contours sont moins nets. Ce sont là des concrétions à un temps (grains

réfringents) ou à deux temps (calcosphérites anguleux) ou à trois temps (calcosphérites enveloppés d'une substance finement granuleuse). Ces concrétions se rencontrent un peu partout dans l'émail, mais surtout dans le voisinage de la dentine et de ses digitations. Elles sont éparses, assez proches les unes des autres en certaines régions, parfois soudées deux à deux, mais ne formant jamais de masses volumineuses.

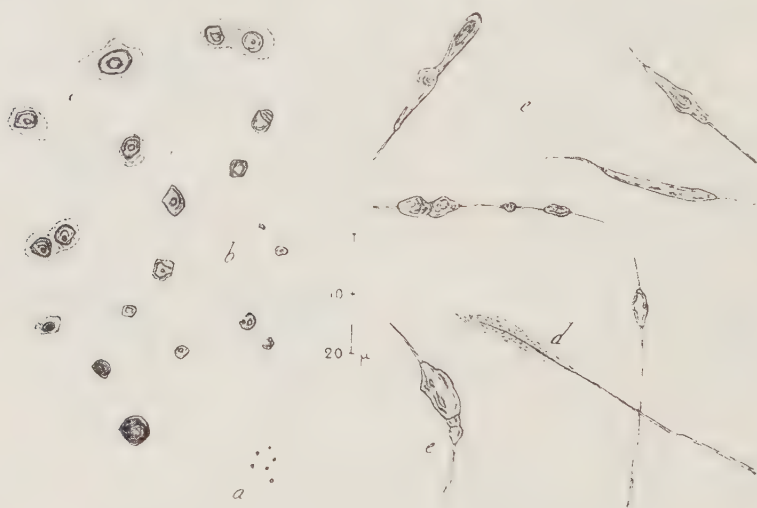


Fig. 60. — Concrétions dans l'émail.

Sargodon tomicus Plien., Rhétien.

a = grains réfringents; *b* = concrétions; *c* = concrétions avec matière granuleuse; *d* = canalicule avec amas de matière granuleuse; *e* = canalicules avec concrétions.

Des concrétions semblables, mais plus allongées et de taille plus considérable se sont formées sur l'extrémité des canalicules venus de la dentine. Ceux-ci sont encroûtés par un dépôt qui consiste, parfois, en un amas de substance finement granuleuse, d'aspect peu compact. Mais le plus souvent, c'est un véritable calcosphérite allongé, à zones concentriques, à surface bosselée, qui emprisonne le canalicule. Cette concrétion peut être limitée à une portion du canalicule dont l'extrémité est libre; parfois celle-ci est encroûtée aussi, et la terminaison du canalicule a la forme d'une massue. Le plus souvent, ces encroûtements sont formés de plusieurs masses encore distinctes, indiquant plusieurs centres d'accroissement. Ces dépôts sont identiques aux calcosphérites libres qui se trouvent dans

leur voisinage et sont généralement de plus grande taille que ceux-ci. Chez ces deux variétés, il y a deux substances, rarement isolées, le plus souvent unies; l'une compacte, à zone d'accroissement, donnant l'impression d'un relief accusé, l'autre, qui représente peut-être l'état de début de la première, granuleuse et d'aspect peu compact.

Ces concrétions présentent toujours des contours très nets et tranchent vivement sur la substance vitreuse qui les entoure; on ne les trouve pas en voie de désintégration comme les sphérites de la dentine. Elles donnent l'impression de corps étrangers, accessoires et non d'un stade de développement du tissu. Ce sont plutôt des concrétions en quelque sorte accidentelles, des précipités dus à une cause plus ou moins fortuite que des éléments normaux de la calcification arrêtés dans leur évolution.

Les canalicules qui ont ainsi servi de centre à des concrétions et dans le voisinage desquels se massent la plupart des concrétions isolées sont vraisemblablement des éléments calcifiants, comme il a déjà été indiqué. Ce sont eux, sans doute, qui ont amené les sels de calcium au sein de l'émail. L'aspect de ces concrétions adamantines est très différent de celui des calcosphérites de la dentine. C'est un argument de plus, non seulement en faveur de l'origine différente des deux tissus, mais aussi d'une profonde différence entre leurs modes de calcification. Le contour de ces concrétions est toujours très net, ce qui indique qu'elles n'ont pas été remaniées. Elles semblent, comme les canalicules, flotter librement dans un milieu liquide. S'il y a eu deux temps de calcification, le premier comprenant la formation des concrétions en milieu fluide, au second temps, le phénomène s'est accompli à la manière d'une solidification ou d'une gélification brusque de la masse et non par dépôt de couches successives. L'impression que donne ce tissu est celle d'une eau brusquement figée avec tous les corps solides qu'elle contenait. Il semble donc certain que, dans cet émail, la calcification s'est produite selon un mode différent de ce qui se passe d'ordinaire dans les tissus durs des dents¹⁾. Ainsi, les calcosphérites ou concrétions qu'il

¹⁾ Les concrétions de l'émail de *Sargodon* ressemblent aux granules minéraux que l'on observe, avec moins de netteté d'ailleurs, dans les canaux de la syndentine où s'est produite une hypercalcification (Psammodontes; Cochliodontidés). Il est possible que ce phénomène secondaire ait présenté des ressemblances avec la calcification de l'émail des Amioides.

contient, confirment l'interprétation que nous avons proposée de ce tissu et de son mode de formation.

Tandis que sur plusieurs préparations de dents de *Sargodon* se voient ces concrétions anguleuses, une autre montre des canalicules gonflés, empâtés, d'un aspect un peu différent. Les canalicules sont élargis, généralement sur toute leur longueur, et l'extrémité est toujours atteinte. L'aspect en est moins minéral, plus terne que celui de la concrétion; des granules se trouvent aussi alentour à l'état libre, ayant le même aspect. La forme du canalicule est conservée, les bords en sont lisses; il n'y a pas de zone d'accroissement, le calibre est régulier. Il semble que le canalicule soit gonflé plutôt qu'encroûté par un dépôt calcaire.

Peut-être, peut-on voir, en ce cas, une hypertrophie due à un phénomène analogue à la carie. On sait que, dans ce cas, l'action des microorganismes élargit, distend les canalicules. De telles hypertrophies se rencontrent quelquefois dans la dentine des Poissons fossiles.

Plus vraisemblablement attribuables à une action microbienne, sont les petits renflements observés à la terminaison des canalicules de l'émail d'un Labridé: *Egertonia*. Une partie de ces canalicules, d'ailleurs très fins, se terminent en massue. L'hypertrophie est localisée à la pointe ou placée un peu avant celle-ci. C'est un renflement très court dont la largeur atteint deux ou trois fois le calibre du canalicule, rarement un peu plus. On peut voir là une distension produite par des microorganismes.

ESSAI D'HISTOLOGIE COMPARÉE

L'étude comparative de la structure des dents fossiles présente un grand intérêt, à la fois anatomique et géologique. Mais étant donnée la diversité de structure des dents de Poissons, une connaissance satisfaisante de celle-ci exigera l'examen d'un très grand nombre de coupes. Si une certaine architecture ou la présence d'un tissu particulier suffisent quelquefois à caractériser un groupe, il

est à ceci de nombreuses exceptions. Certains groupes sont très variables, d'autres homogènes; mais on ne peut en définir les caractères qu'après l'examen de la plupart de leurs genres. Il est aussi des groupes sur lesquels nous ne savons à peu près rien, particulièrement les Poissons dévoniens dont les dents ne constituent pas un matériel courant. Malgré les considérables lacunes de nos connaissances sur ce sujet, nous pouvons distinguer aisément les principales familles de Squales, certains groupes comme les Amioïdes, les Dendrodontes, quelques familles de Téléostéens. Jaekel a montré déjà que, chez les Requins fossiles, les caractères de la dentine et de l'émail sont constants pour un genre ou un groupe de genres. Mais on ne peut arriver à la détermination des espèces, car il est exceptionnel qu'un tissu varie d'une espèce à l'autre. Ce n'est que dans des groupes très spécialisés, à structure compliquée, comme le genre *Dendrodus*, que les variations histologiques deviennent spécifiques.

Il est important de déterminer, même d'une manière large, les dents fossiles. Ces organes sont souvent les seuls débris de Vertébrés que l'on rencontre; ils sont caractéristiques et variés, on peut donc presque toujours tirer de leur examen des renseignements utiles. L'intérêt de ces recherches, au seul point de vue géologique, est triple. D'abord, elles permettent, dans les terrains anciens, de distinguer avec certitude des restes de Vertébrés, lesquels sont généralement fragmentaires et difficilement reconnaissables. Ainsi des mâchoires d'Annélides d'âge silurien, ayant été prises pour des dents de Poissons, l'examen histologique permit à Rohon de reconnaître leur véritable nature et aussi de trouver de vraies dents au sein des mêmes couches. D'autre part, lorsqu'un Poisson n'est connu que par ses dents, ce qui est un cas fréquent, la structure intime de celles-ci donnera sur la position systématique de l'espèce des précisions que ne peut fournir la morphologie externe. Enfin, connaissant bien la structure des différents groupes, des débris infimes de dents ou d'écailles ou même d'os permettront une détermination, d'où une appréciation sur l'âge du terrain.

Ce rôle pratique de l'étude des tissus dentaires, en plus de son intérêt anatomique, justifierait une étude approfondie du sujet. Mais ceci représente une longue tâche que la rareté de la partie la plus intéressante du matériel vient compliquer.

Nos connaissances étant actuellement très fragmentaires, cet essai de description appliquée à la détermination paléontologique, ne peut être qu'une ébauche.

ÉLASMOBRANCHES

On ne rencontre pas d'orthodentine dans les dents de ces Poissons. Elles sont constituées de dentines ostéoïdes, ostéo- ou pseudo-dentine. L'émail est soit l'émail placode compact, soit un revêtement mal délimité et souvent peu distinct.

Pleuracanthodii, *Cladoselachii*, *Acanthodii*. — Ces divers groupes sont à peu près inconnus quant à la structure de leurs dents.

Des débris de Poissons du Silurien inférieur ont montré de la dentine. La conservation en est souvent défectueuse, et les observations ne sont pas très nombreuses. Des écailles de *Thelolepis* sont constituées par la dentine habituelle des écailles placodes. R ö s e a signalé de l'orthodentine dans les dents. Pour les raisons que nous avons examinées, nous pouvons attribuer ce tissu à la pseudo-dentine.

Nous avons pu observer un Pleuracanthidé: *Diplodus bohemicus*, du Permo-carbonifère de Bohême. Les coupes ont montré les canalicules caractéristiques de la pseudo-dentine, longs et réguliers, partant d'une cavité pulpaire centrale. La structure est tout à fait semblable à celle d'un Carchariidé. Il ne semble pas y avoir de tissu de revêtement.

SÉLACIENS

La diversité de structure est grande en ce groupe mais on y distingue des séries homogènes.

SQUALOÏDES

Hybodontidés. — Dans cette famille, les dents sont constituées par de l'ostéodentine régularisée en pseudo-dentine à la périphérie (*Acrodus*). Lorsque les dents sont pointues (*Hybodus*, *Orodus*), la pointe est constituée par de la pseudo-dentine avec canal pulpaire central. Le revêtement est un émail plus ou moins distinct et dont la partie interne, lorsqu'il est bien développé, renferme des tubes ou des fibres.

On trouve ainsi, dans ce groupe, deux types de structure: l'un où la dent entière est constituée par une masse d'ostéodentine à nombreux canaux pulpaires branchus, l'autre où la dent est formée en partie de pseudo-dentine avec une seule chambre pulpaire. Ces deux formes caractérisent les familles suivantes que l'on peut ainsi classer en deux séries:

- a) Dent constituée par un noyau d'ostéodentine;
- b) Dent constituée par la pseudo-dentine.

Ces deux séries ne sauraient dériver l'une de l'autre, mais peut-être ont-elles une origine commune qui pourrait être un Poisson ayant la structure dentaire d'*Hybodus*?

SÉRIE A.

Lamnidés. — La dent est constituée par un noyau d'ostéodentine recouvert d'une couche généralement bien distincte de fibrodentine. Il y a peu ou pas d'émail, d'ailleurs intimement uni à la dentine de revêtement.

Chez *Lamna*, les canaux pulpaire sont nombreux, les plus gros sont dans l'axe de la dent et des canaux périphériques sont rangés en cercle sous la fibrodentine. Cette disposition est encore plus nette chez *Odontaspis* (*O. macrota*); là, des canaux nombreux et rapprochés, situés à la périphérie de l'ostéodentine, lui forment une véritable ceinture; des canalicules en partent et donnent un dessin de pseudo-dentine qui se confond avec la fibrodentine. Chez *Carcharodon*, l'ostéodentine présente les mêmes caractères; la fibrodentine est très nette, à éléments très anastomosés. Chez *Otodus* (*O. obliquus*), les canaux pulpaire sont nombreux, à peu près de même calibre et forment des systèmes bien individualisés qui deviennent méandriiformes vers la base. Les systèmes ne sont pas nets chez *Corax* (*C. pristodontus*, d'ailleurs généralement mal conservé). La fibrodentine semble parfois, chez *Oxyrhina*, présenter deux couches sans solution de continuité. La différence est encore plus marquée chez *Odontaspis*. Tandis que ce tissu est nettement séparé de l'ostéodentine chez *Otodus*, il est très pénétré par les canalicules de la dentine ostéoïde chez *Oxyrhina*, et, chez *Scapanorhynchus*, il semble y avoir une pseudo-dentine distincte, et la vraie fibrodentine a des éléments fins qui semblent être des canalicules.

Notidanidés. — Chez *Notidanus*, le noyau d'ostéodentine est entouré d'une couche bien distincte de pseudo-dentine, laquelle est recouverte de fibrodentine. Le caractère de cette famille est l'exagération de ce qui se passe chez les Lamnidés où l'on trouve, parfois, une sorte de pseudo-dentine rudimentaire pénétrant la fibrodentine. Il y a, comme chez les Lamnidés, mais à un degré plus accentué, concentration des canaux pulpaire vers le centre et régularisation des canalicules à la périphérie. Tandis que, chez *Odontaspis*, la ceinture des canaux périphériques était située directement sous la fibro-

dentine, elle s'est enfoncée, chez *Notidanus*, donnant ainsi naissance à une zone dépourvue de canaux et parcourue par des canalicules parallèles. Cette pseudo-dentine est formée de faisceaux, moins grands et moins arborescents que chez les Hybodontes; elle forme une couche bien plus régulière et plus nettement marquée à sa partie proximale que chez *Acrodus*.

SÉRIE B.

Carchariidés. — Le centre de la dent est fait de pseudo-dentine. Chez *Carcharias*, *Sphyrna*, *Prionodon*, *Aprionodon*, *Galeus*, la cavité pulpaire est close, en forme de T renversé; la branche horizontale est concave vers la base formée d'ostéodentine, la branche verticale se termine en arborescence. Il est difficile de distinguer ces genres les uns des autres, car ils forment un groupe très homogène. Chez *Galeus*, on observe, à la pointe, un émail relativement épais, mais non nettement délimité.

Chez *Hemipristis* (*H. serra* Ag. miocène), la branche horizontale de la pulpe n'existe pas. On voit un noyau conique d'ostéodentine dont les canaux périphériques donnent naissance à des canalicules régularisés. La branche montante de la pulpe est élargie à sa base. Il semble que, dans cette forme, la cavité pulpaire soit encore peu évoluée. Au contraire, chez *Galeocerdo*, celle-ci ressemble à une pulpe d'orthodentine. La dent est à pointe surbaissée; la cavité pulpaire est ainsi diminuée en hauteur. Sa branche montante est élargie, se termine à angle aigu sans se ramifier. La branche horizontale est également assez large. La ressemblance avec une dent de Vertébré aérien est, sur certaines coupes, assez grande.

Scylliidés. — Chez *Scyllium* (*S. minutissimum*?, éocène), la structure est celle des Carchariidés. La cavité pulpaire se termine, à la pointe, par une ramification très complexe.

Spinacidés. — Chez l'actuel *Acanthias vulgaris*, la dent est formée aussi de pseudo-dentine avec recouvrement de fibrodentine et peut-être d'émail. La chambre pulpaire close n'a pas la forme de celle des Carchariidés et semble peu ou pas ramifiée à la pointe.

Hétérodontidés ou Cestraciontes. — La structure des dents de cette famille est tout différente de celle des précédentes. Le genre *Heterodontus* (*Cestracion*), d'après Owen, présente une structure caractéristique de la syndentine. Ses larges dents sont donc composées; (mais en est-il de même des dents pointues qui sont en avant de la mâchoire?). L'émail inversé que l'on a décrit n'est pas certain.

Chez *Strophodus*, les dents sont constituées d'une syndentine typique non recouverte d'émail. La structure dentaire de ce genre ne diffère en rien de celle des Psammodontes, alors qu'elle ne rappelle en rien celle des Hybodontes. Il y a donc lieu de rapprocher *Strophodus*, et avec lui, sans doute, *Cestracion* et d'autres, des Psammodontes et de le séparer du groupe des *Acrodus*, *Hybodus*, etc... Il y a là deux groupes très distincts qui ont été confondus: Ce sont d'une part les Hybodontes qui ont, au point de vue de l'anatomie dentaire, des affinités avec les Lamnidés et les Carchariidés, et, d'autre part, les Cestraciontes dont les affinités sont avec les Batoïdes, tels que Psammodontes et Cochlodontidés. Les Squaloïdes et les Batoïdes ne sont pas nettement séparés, et *Cestracion* établit une transition. Agassiz considérait *Strophodus* comme un sous-genre de *Psammodus*; et Owen, d'après la structure des dents, rapprochait *Cestracion* des Psammodontes.

BATOÏDES

Les petites dents des Raies sont faites de pseudo-dentine et forment ainsi une série parallèle aux Carchariidés. Les larges dents composées du type Myliobate sont constituées par de la syndentine et peuvent être regardées comme la fusion d'un grand nombre de dents élémentaires du type Carchariidé ou Rajidé. Les dents non usées présentent une couche superficielle régularisée correspondant à une pseudo-dentine, mais pas d'émail.

Psammodontidés. — Les larges dents en pavés de ces Poissons éteints sont formées de syndentine avec base ostéoïde. Sur les dents fonctionnelles, les canaux pulpaire sont sectionnés par le plan de friction, et leur contenu est hypercalcifié, ce qui fait que l'on y observe nettement des vaisseaux qui sont peut-être des capillaires sanguins d'un type particulier se terminant à pointe perdue.

Psammodus a des systèmes de syndentine noyés dans une substance interstitielle abondante. Les canalicules sont courts et peu ramifiés.

Cochliodontidés. — Même structure que chez les Psammodontes. chez *Xystrodus planus* (Carbonifère d'Irlande), les vaisseaux situés dans les canaux sont de fort calibre, donnent des branches fines dès leur naissance et se ramifient brusquement à quelque distance de la surface masticatrice.

Ptychodontidés. — Cette famille, jadis rangée parmi les Squales,

a été classée parmi les Batoïdes par A. S. Woodward. Les dents sont constituées par de la syndentine.

D'après Owen, des canaux pulpaire de *Ptychodus* peuvent s'anastomoser en formant des anses (?). Les canaux sont plus faibles et plus espacés que chez *Cestracion*.

Chez *Ptychodus mammillaris* Ag. (Turonien), les systèmes sont disposés en éventail et sont très longs; plus ou moins confondus à leurs bases, ils sont plus distincts dans leur partie supérieure où une substance interstitielle claire les sépare. Ils n'atteignent pas le bord externe. Le canal lui-même semble peu distinct, et le vaisseau qu'il renferme se termine par une riche ramification.

Myliobatidés. — Dents formées de syndentine à systèmes souvent serrés les uns contre les autres. Chez *Myliobatis*, les systèmes très serrés présentent une section polygonale; il n'y a pas de substance interstitielle appréciable. Les canaux se terminent en massues, et les canalicules qui partent de leurs extrémités forment une couche de pseudo-dentine superficielle. Chez certains fossiles, il semble que le canal pulpaire soit presque entièrement effacé par une hypercalcification analogue à celle qui a fixé les vaisseaux de *Psammodus* et qui semble être un phénomène général dans la syndentine.

Chez *Aetobatis*, les longues dents faites de syndentine se soudent en une large plaque arrondie.

Pristidés. — Les dents du rostre de *Pristis* sont faites de syndentine dont les canaux seraient parfois anastomosés, d'après Owen.

Squatinidés. — Chez *Squatina angelus*, d'après Agassiz, on voit une cavité pulpaire unique et close qui communique avec les canaux de l'ostéodentine formant la base de la dent. Chez *Rhina*, d'après Owen, la cavité pulpaire est large et non arborescente à la pointe, la base est ostéoïde. Il semble qu'il y ait là une série de formes parallèles à celles des Carchariidés, *Squatina* rappelant *Hemipristis* et *Rhina Galeocerdo*.

Rajidés. — Les petites dents des Raies sont décrites comme formées de pseudo-dentine.

HOLOCÉPHALES

Sauf chez la Chimère, la structure des dents est très mal connue.

Chez *Ptyctodus calceolus* du Dévonien d'Amérique, les larges dents sont constituées par ce tissu à canaux nombreux et anasto-

mosés, sans canalicules, que nous avons rapproché de la syndentine et qui présente aussi des caractères de vasodentine.

Chez l'actuelle *Chimaera monstrosa*, la plaque dentaire est constituée par du tissu ostéoïde, dans lequel sont empilées des sortes de boules claires dites « Perlschnüre » qui forment des colonnes. Ces boules, parfois soudées, parfois libres, sont constituées par une substance hyaline, dans laquelle pénètrent, de tous côtés et en direction centripète, des fibres ou canalicules provenant du tissu ostéoïde. Ces corps ressemblent à des fragments invaginés d'un émail tubulaire.

DIPNEUSTES

Les dents de *Ceratodus* (*C. Kaupii* du Trias) sont constituées par de la syndentine reposant sur une plaque osseuse trabéculaire d'égale épaisseur. Dans celle-ci, les ostéoplastes ont très peu de prolongements, quelques-uns seulement ont une forme étoilée.

Chez *Lepidosiren paradoxa*, la plaque dentaire est faite de tissu ostéoïde surmonté d'une dentine à aspect d'émail (Owen).

Chez *Protopterus annectens*, la plaque dentaire est constituée par du tissu ostéoïde avec inclusion partielle, vers le bord tranchant, d'une masse claire à aspect d'émail.

TÉLÉOSTOMES

CROSSOPTÉRYGIENS

Ce groupe est peu connu, sauf les Dendrodontes. Les différents sous-groupes ont, sans doute, des structures variées.

Megalichthys Hilberti Ag. (Carbonifère d'Ecosse) montre un émail placéoïde, mais la mauvaise conservation de la dent étudiée (schiste noir) ne permet pas d'identifier la dentine qui, d'après Owen, serait une orthodentine, ce qui est très douteux. D'après cet auteur, la cavité pulpaire devient plus petite à la base de la dent et là se divise en plusieurs branches qui s'implantent dans le tissu osseux de la mâchoire. Ce caractère la rapprocherait d'une chambre pulpaire close, donc d'une pseudo-dentine. Owen a décrit longuement une structure analogue chez *Rhizodus* où la base de la dent serait constituée, comme chez *Myliobatis*, et la partie libre comme une dent de Mammifère.

La structure remarquable des dents de *Dendrodus* a été étudiée par Owen qui la compare à celle des dents de *Labyrinthodon*. Nous avons vu que les rayons de ciment décrits par cet auteur et admis par ses successeurs n'existaient pas. La dent est constituée par un centre ostéoïde d'où partent des canaux radiaires régulièrement courbés et portant d'énormes panaches de canalicules. Cette variété de dentine, caractéristique du groupe, peut être nommée dendroïde.

Le centre d'ostéodentine est très développé, et les canaux pulpaire sont entourés de couches concentriques chez *Dendrodus hastatus*. L'ostéodentine est moins importante, mais les canaux radiaires encore courts chez *D. strigatus* (Owen). Chez *D. biporcatus* Ag. (Dévonien), l'ostéodentine est réduite, les canaux qui en partent sont longs et les panaches considérables. Il y a un émail placôïde.

CHONDROSTÉENS

Parmi les **Paléoniscoïdes**, des coupes faites à travers une tête d'*Amblypterus*, du Permien inférieur d'Autun (schiste bitumineux), ont montré des rangées de dents, mais la mauvaise conservation ne permet aucune observation histologique.

Stensiö rapproche des Paléoniscidés de la famille des Saurichthyidés. Les dents de *Saurichthys acuminatus* Ag., du Rhétien, présentent une structure analogue à celle des Amioïdes. L'émail tubulaire anhiste est le même. Cependant, alors que cet auteur dit que, chez les espèces du Spitzberg, la cavité pulpaire ne s'étend pas dans la partie supérieure de la dent recouverte d'émail, chez *S. acuminatus*, la cavité pulpaire est présente en cette région. Il est vrai que la description de Stensiö assigne à ce chapeau d'émail une hauteur bien moindre que dans les dents du Rhétien. Il y aurait aussi une dentine plissée avec émail placôïde à la base.

HOLOSTÉÏDES

AMIOÏDES

Les dents d'*Amia calva* montrent une structure absolument différente de celle des Amioïdes fossiles. On y trouve une dentine à fins canalicules et, lorsque les dents sont grosses, des ostéoplastes dans la couche interne de la dentine (Stephan).

Les Amioïdes mésozoïques sont caractérisés par un émail tubu-

laire anhiste très développé. L'émail du collet est généralement visible. La dentine est une orthodentine.

Sémionotidés. — Le genre *Lepidotus* possède un émail tubulaire considérable et pénétré, dans toute son épaisseur, par une véritable forêt de canalicules. Sur les bords de la couronne, on observe des fibres irrégulières et anastomosées, mêlées aux canalicules.

Colobodus (*C. varius*, Trias) a la même structure, mais avec des canalicules de l'émail moins serrés et moins longs; le buisson qu'ils forment est un peu plus clairsemé et ne remplit pas toute l'épaisseur de l'émail. *Sargodon tomicus* du Rhétien est très remarquable par les digitations de sa dentine; les canalicules de l'émail sont plus espacés et plus gros que dans les autres genres. Les dents de toutes formes ont même structure, et les particularités de celle-ci se décèlent à l'œil nu et sur la dent entière par un aspect piqueté caractéristique.

Pycnodontidés. — La structure est la même que dans la famille précédente, mais les canalicules, plus nombreux généralement, sont plus fins dans l'émail. La dentine a souvent disparu et la dent est réduite au chapeau d'émail.

Chez *Pycnodus*, *Mesodon* et *Gyrodus* la structure est la même. Les plis de l'émail n'intéressent pas la dentine et ne modifient pas les caractères intimes. Chez *Mesodon Bucklandi* Ag. (Séquanien), la dent présente une saillie en son milieu, intéressant la dentine.

LÉPIDOSTÉOÏDES

Les dents de l'actuel *Lepidosteus osseus*, très complexes, sont décrites par Ch. Tomes comme composées de plicidentine. On peut y voir une ostéodentine d'où rayonnent des canaux pulpaux régularisés en pseudo-dentine.

TÉLÉOSTÉENS

L'ostéodentine, la pseudo-dentine, l'orthodentine, l'émail tubulaire et inversé se rencontrent dans ce groupe. La vasodentine lui est particulière. La structure des dents est très variable. Les formes fossiles sont, au point de vue histologique, à peu près inconnues. Leur étude n'apporte rien de nouveau, car la structure ne diffère pas de celle des espèces actuelles. De plus leur importance paléontologique est faible; les dents sont généralement de très petite taille.

ne se rencontrant pas isolément. Seules quelques familles, comme les Scaridés et Labridés, peuvent être intéressantes au point de vue géologique.

Sur beaucoup de groupes nous n'avons aucun renseignement.

Characinidés. — Le genre *Hydrocyon* a les dents plissées à la base, sans que cette disposition retentisse sur la structure intime de la dentine. L'émail est tubulaire.

Albulidés. — Une dent d'*Albula Oweni* (Ludien) a montré une orthodentine à canalicules très fins.

Saurodontidés. — Famille éteinte, caractérisée par les dents logées dans de profondes alvéoles. *Saurocephalus* et *Saurodon*, genres crétacés, d'abord décrits comme Reptiles, ont été rangés dans la classe des Poissons par Agassiz, puis Owen, d'après la structure de leurs dents. Celles-ci sont faites d'ostéodentine et rappellent celles de *Sphyaena*.

Esocidés. — *Esox lucius* présente un type classique d'ostéodentine régularisée à la surface.

Scopelidés. — *Odontostomus* possède des dents barbelées faites de dentine ostéoïde rappelant la pseudo-dentine. L'émail est tubulaire (Ch. Tomes).

Anguillidés. — Chez *Anguilla*, la dent, formée d'orthodentine avec sommet d'émail, est placée sur un socle osseux cylindrique dont la structure est différente de celle de l'os de la mâchoire.

Sphyaenidés. — Dans le genre *Sphyaena*, les dents thécodontes sont légèrement soudées par leurs bases aux parois de leur cavité alvéolaire. Le tissu principal est une ostéodentine avec pinceaux de canalicules à la périphérie.

Sparidés. — Les dents sont faites d'orthodentine avec un émail tubulaire ou inversé, souvent les deux à la fois, formant une couche très épaisse. Chez *Sargus*, la portion implantée de la racine est formée de vasodentine d'après Ch. Tomes. *Sargus* a un émail qui varie suivant les espèces (voir chapitre IX). Une incisive de *Sargus incisivus* Gervais (Helvétien) montre un émail inversé sous lequel est une zone fibreuse où les faisceaux de fibres s'entrelacent en toutes directions, qui semble séparée de la dentine sous-jacente et, dans laquelle, les canalicules de celle-ci ne pénètrent pas.

Chrysophrys possède un émail inversé très caractéristique, à canalicules raides, peu courbés. Au-dessous de ceux-ci, est une zone

fibreuse, et, sans doute, des lacunes d'Howship qui séparent l'émail de la dentine.

Pagellus a une structure semblable.

Choetodontidés. — *Choetodon* a de longues dents pointues dont le sommet recourbé est formé d'un émail qui semble anhiste (Ch. Tomes).

Acanthuridés. — Les dents d'*Acanthurus* sont thécodontes.

Ostraciontidés. — Les dents d'*Ostracion* sont faites de vasodentine typique, recouverte d'une épaisse couche d'émail.

Tétrodontidés. — Les plaques dentaires de *Diodon* sont faites de lames superposées et séparées par du tissu ostéoïde. Ces lames sont décrites comme formées de dentine, mais leur structure présente des caractères particuliers. Les canalicules sont fins, longs, parfois bifides, disposés sans ordre, non parallèles; ils ne ressemblent pas aux canalicules de l'orthodentine, mais bien à ceux de l'émail des Pycnodontes. Sur le bord opposé à celui où s'ouvrent ces canalicules, on observe d'autres canaux, très courts, de gros calibre, semblables à des clous et dirigés en sens inverse des premiers. Il y a là une dentine d'un type très particulier et qui ressemble étrangement à un émail tubulaire.

Labridés. — La plupart des genres actuels de cette famille sont caractérisés par un émail inversé. La structure en est la même que celle des dents de Sparidés. Il n'en est pas de même dans les dents étudiées des espèces fossiles.

Chez *Phyllodus*, les larges plaques dentaires possèdent un émail à canalicules dirigés vers le bord externe et ne l'atteignant pas; ils sont droits, d'aspect rigide, mais entrecroisés en tous sens. Leur extrémité proximale se perd dans une zone fibreuse, et on ne peut suivre leur trajet jusqu'à la dentine, laquelle d'ailleurs est détruite sur l'exemplaire étudié.

Les dents pharyngiennes de *Labrodon* ne présentent pas d'émail inversé. La dentine est à tubes très fins, recouverte d'une couche plus claire qui est peut-être un émail. Chez *Egertonia*, l'émail tubulaire, non inversé, a des canalicules nombreux et longs, croisés en tous sens. Une zone fibreuse existe à la base, vers la dentine.

Scaridés. — L'émail est considérable, généralement plus épais que la dentine, pourvu de tubes ramifiés. Près de la dentine, on ne voit pas de canalicules; ceux-ci, d'après Ch. Tomes, s'ouvrent à l'extérieur, mais von Boas ne l'admet pas.

Chez les Labridés aussi, on ne peut suivre les canalicules jusqu'à la dentine, mais on les voit se terminer en pointe au-dessous de la surface externe. L'émail n'est donc pas inversé, mais des résorptions, sans doute, ont troublé sa structure primitive.

Chez *Scarus Catesbyi*, von Boas signale du ciment. Chez *Pseudoscarus* la dentine des dents maxillaires est réduite à une couche mince sous un émail relativement énorme.

Blenniidés. — Les dents de *Blennius*, d'abord libres sur leur support osseux, se soudent à celui-ci (T. Carter).

Scombridés. — Chez *Scomber*, les dents constituées d'orthodentine sont fixées par un « os d'attache » dans un sillon creusé dans la mâchoire.

Xiphiidés. — Le rostre de *Xiphias gladius* porte des denticules de dentine avec sommet d'émail réunis entre eux par du tissu osseux (T. Carter).

Pleuronectidés. — D'après Ch. Tomes, les dents du Carrelet (*Pleuronectes platessa* L.) sont faites de vasodentine, et le sommet de la dent est constitué par de la dentine à fins tubes sans solution de continuité avec la précédente. A la pointe, est un chapeau d'émail.

Gadidés. — Les dents des Poissons de cette famille sont faites de vasodentine (Ch. Tomes) avec canaux vasculaires généralement nombreux, parfois rares (*Motella*), ou même totalement absents (*Lotella*). Dans ce dernier genre, le tissu est compact, sans inclusion d'aucune sorte. Le sommet de la dent des Gadidés est pourvu d'une pointe d'émail, et ce tissu y est localisé. *Merluccius* fournit un type classique de vasodentine.

CONCLUSIONS

1° Parmi les tissus mésodermiques ou *Dentines* (sensu lato), nous avons distingué les variétés suivantes:

Des dentines ostéoïdes: *Ostéodentine*, *Pseudo-dentine* et *Syn-dentine*;

Des dentines à cavité pulpaire ouverte: *Vasodentine* et *Ortho-dentine*;

Un tissu de revêtement: *Fibrodentine*.

Toutes ces variétés peuvent être considérées comme dérivées du tissu ostéoïde ordinaire par régularisation de leurs éléments (canaux ou canalicules).

Nous avons distingué quatre variétés principales d'émail, non entièrement homologues.

2° Les cellules de la dentine sont des cellules ostéoïdes, polarisées, qui reculent devant leur propre sécrétion. Lorsque celle-ci est intense et rapide (pointe et tranchant de la dent des Squales), les cellules ou odontoblastes y sont englobées et deviennent des *odontoplastes*.

3° L'*ostéodentine* est un tissu ostéoïde de type haversien, caractérisé par la présence de canaux pulpaires d'où partent de très nombreux canalicules fins et longs, souvent groupés en panaches, et non anastomosés. L'*ostéodentine* peut devenir *méandrique*. On peut lui rattacher la dentine *dendroïde*.

4° Il y a lieu de distinguer comme variété particulière la *pseudo-dentine*. Celle-ci peut être superficielle, simple régularisation de l'*ostéodentine*, ou constituer la masse de la dent. Ce tissu possède alors, chez les Carchariidés, une chambre pulpaire close en forme de T renversé, homologue d'un canal osseux. Les canalicules sont plus irréguliers et de plus fort calibre que ceux de l'*orthodentine*,

avec laquelle on la confond, et ramifiés d'une autre manière. C'est un tissu ostéoïde réduit à un seul système haversien.

5° La *syndentine* est composée de systèmes accolés, comprenant chacun un canal pulpaire avec ses canalicules, le tout reposant sur une base ostéoïde ou osseuse. Ce tissu est constitué par un grand nombre de dents élémentaires fusionnées. Des vaisseaux qui semblent être des capillaires sanguins d'un type spécial s'y terminent à pointe perdue.

6° La *vasodentine* est caractérisée par l'existence de canaux vasculaires sans canalicules (Téléostéens).

7° L'*orthodentine* possède une charpente conjonctive faite de fines fibres élastiques. La dentine de *Sargodon* présente des digitations longues et nombreuses avec canal pulpaire central qui s'enfoncent dans l'émail et ne peuvent être expliquées que par un bourgeonnement de la papille en *direction centrifuge*. Les lignes d'accroissement indiquent le sens et la date de ce mouvement.

La cavité pulpaire des Amioïdes s'ouvre largement à la base et les dents peuvent être thécodontes ou enfoncées et soudées dans l'os.

8° La *fibrodentine* est un tissu très polymorphe qui recouvre les dents des Squales. Les éléments fibreux y dominent, mais il y a des odontoplastes. Cette dentine peut être intimement unie à l'émail ou à l'ostéodentine ou séparée de celle-ci.

9° L'*émail* des Squales n'est qu'un revêtement mince, mal délimité, dont l'existence est souvent douteuse. L'*émail placôide* constitue une couche très réfringente, non pénétrée par les canalicules de la dentine. Un semblable tissu constitue l'*émail du collet* des Amioïdes. L'*émail tubulaire anhiste* caractérise les Amioïdes. Il est épais, vitreux et renferme un buisson touffu de canalicules venus de la dentine. On peut considérer ce tissu comme l'homologue de la substance interprismatique de l'émail de Vertébrés aériens. La pénétration des canalicules n'a pu se faire qu'en direction centrifuge et alors que l'émail était fluide. Les prismes sont une production secondaire au sein de ce tissu.

L'*émail inversé* (Sparidés) contient des canalicules s'ouvrant à l'extérieur.

L'émail le plus primitif est l'émail placôide. Une autre série est constituée par l'émail tubulaire anhiste, puis tubulaire et prismatique, et enfin prismatique non tubulaire. L'émail inversé a une origine différente. Celui des Squales n'est qu'un revêtement peu différencié, à caractère mixte. Ces différentes variétés ne sont donc pas homologues.

10° On rencontre des *calcosphérites* dans quelques tissus calcifiés adultes: ostéodentine, dentine, émail. Ceux de *Dactylodus* affectent des formes cristallines. Dans l'émail de *Sargodon*, existent des concrétions libres ou encroûtant les canalicules. Ces éléments renseignent sur le mode de formation des tissus fossiles.

11° Nous avons rencontré plusieurs exemples (dentine des Squales, émail des Amioïdes) illustrant cette loi; *La structure intime et la forme extérieure d'une dent sont indépendantes*. La forme est donnée par l'organe adamantin qui sert de moule, et la charpente, l'architecture interne, est édifiée par la papille. Les facteurs mécaniques n'agissent pas ou peu sur la structure des dents dont le déterminisme nous échappe.

12° L'évolution des tissus durs a dû se produire ainsi:

- 1° Des cellules sécrètent à leur surface un dépôt calcaire, c'est l'émail.
- 2° La sécrétion plus abondante englobe un réseau fibrillaire et des prolongements des cellules, c'est le tissu ostéoïde.
- 3° La sécrétion plus rapide englobe les cellules et les fibres, et ces dernières, plus abondantes, contribuent à empêcher le recul des cellules, c'est le tissu osseux.

BIBLIOGRAPHIE

- 1) Agassiz, L., Recherches sur les Poissons fossiles. Neuchâtel, 1833-43.
- 2) Andrews, Contribution to the Study of the Development of the Enamel. *British Journ. of Dental Science*, vol. XLIII, 1900.
- 3) Baume, R., Odontologische Forschungen. Leipzig, 1882.
- 4) Boas, von T. E. V., Die Zähne der Scaroiden. *Zeitschrift für Wissensch. Zool.*, Bd. XXXII, 1879.
- 5) Bödecker, C. F. W., Anatomy and Pathology of the Teeth. New-York, 1894.
- 6) Born, G., Bemerkungen über den Zahnbau der Fische. *Zeitschr. Organ. Phys.*, 1827.
- 7) Carter, J. Thornton, On the Cytomorphosis of the Enamel organ in the Hake. *Quat. Journ. Micr. Sc.*, vol. LXIII, pt. 3, déc. 1918.
- 8) —, On the Occurrence of Denticles on the Snout of *Xiphias gladius*. *Proc. Zoolog. Soc. London*, 1919.
- 9) Champy, Ch., Précis d'histologie. Paris, 1928.
- 10) Dean, Bashford, Chimaeroid Fishes and their Development. Washington, 1906.
- 11) Ebner, von, Strittige Fragen über den Bau des Zahnschmelzes. *Sitzungsb. d. k. Akad. d. Wissensch. Math.-naturw. Cl. Wien*, Bd. XCIX, 1890.
- 12) —, Histologie der Zähne mit Einschluss der Histogenese, in: *Handbuch der Zahnheilkunde*. Bd. I. Wien, 1902.
- 13) Fischer von Waldheim, G., Anatomisch-physiologische Beobachtungen über eine Hauptverschiedenheit der Säugetier- und Fischzähne. *Arch. Zool. Zootom.* 1801-11.
- 14) Giebel, Ch. G. A., Odontographie. Vergleichende Darstellung des Zahnsystems der Wirbeltiere. Leipzig, 1855.
- 15) Goodrich, E. S., Cyclostomes and Fisches, in: *A Treatise on Zoology* by Sir Ray Lankester. London, 1909.
- 16) —, On the Structure of Bone in Fishes; a contribution to Palaeohistology. *Proc. Zool. Soc.*, London, 1913.

- 17) Gunther, An Introduction to the Study of Fishes. London, 1880.
- 18) Hamazawa, K., A Study of the Minute Structure of Dentine, especially of the Relation between the Dentinal Tubules and Fibrils. *Dental Cosmos*, vol. LIX, 1917.
- 19) Hasse, C., Die fossilen Wirbel. *Morphol. Jahrbuch*, Bd. II, 1876.
- 20) Heincke, F., Untersuchungen über die Zähne niederer Wirbeltiere. *Zeitschr. Wiss. Zool.*, Bd. XXIII, 1873.
- 21) Hertwig, O., Ueber den Bau und Entwicklung der Placoïdschuppen und der Zähne der Selachier. *Jenaische Zeitschr. f. Wiss. und Med.*, Bd. VIII, 1874.
- 22) —, Ueber das Zahnsystem der Amphibien und seine Bedeutung für die Genese des Skelets der Mundhöhle. *Arch. für mikr. Anat.*, Bd. XI, 1874.
- 23) —, Ueber das Hautskelet der Fische. *Morphol. Jahrbuch*, Bd. II, 1876; Bd. V, 1879; Bd. VIII, 1882.
- 24) Hilgendorf, F. M., Ueber Schliften zusammengesetzter Fischzähne. *Sitzungsbericht der Gesellschaft Naturforsch. Freunde*. Berlin, 1886.
- 25) —, Einige Bemerkungen über die Histologie der Pristis-Zähne. *Sitzungsber. der Ges. Naturf. Freunde*. Berlin, 1888.
- 26) Hopewell-Smith, A., Histology and Patho-histology of the Teeth and Associated Parts. 1903.
- 27) Hoppe, F., Untersuchungen über die Konstitution des Zahnschmelzes. *Virchow's Arch. f. Pathol. Anat.*, Bd. XXIV, 1862.
- 28) Huxley, T. H., On the Development of the Teeth and on the Nature and Import of Nasmyth's « Persistent Capsule ». *Quat. Journ. Sc.*, 1853.
- 29) Jaekel, O., Ueber mikroskopische Untersuchungen im Gebiete der Paläontologie. *Neues Jahrbuch f. Mineralogie, Geologie und Paleontologie*, 1891.
- 29a) Jaekel, O., Ueber die systematische Stellung und über fossile Reste der Gattung *Pristiophorus*. *Zeitschr. d. Deutsch. geolog. Gesell.*, Bd. XLII, 1890.
- 30) Klaatsch, H., Zur Morphologie der Fischschuppen und zur Geschichte der Hartschubstanzgewebe. *Morphol. Jahrb.*, Bd. XVI, 1890.
- 31) —, Ueber die Herkunft der Skleroblasten. *Morphol. Jahrb.*, Bd. XXI, 1894.
- 32) —, Zur Kenntnis der Beteiligung des Ektoderms am Aufbau innerer Skelettbildungen. *Verhand. der Anat. Gesellschaft*, 1894.
- 33) —, Ueber die Bedeutung der Hautsinnesorgane für die Aushaltung der Skleroblasten aus dem Ektoderme. *Verhand. der Anat. Gesellschaft*, 1895.

- 34) Kölliker, Ueber die verschiedenen Typen in der mikroskopischen Struktur des Skeletts der Knochenfische. *Sitz. d. Phys. Med. Ges. in Würzburg*, Bd. IX, 1858.
- 35) —, On different Types in the microscopical Structur of the Skeleton of osseous Fishes. *Proc. of the Royal Societ.*, 1859.
- 36) —, Handbuch der Gewebelehre, 1884.
- 37) Korff, von, Zur Histogenese der bindegewebigen Stützsubstanzen niederer Wirbeltiere. *Anat. Anz.*, Bd. XXXVII, 1910.
- 38) Leydig, Beiträge zur mikroskopischen Anatomie der Rochen und Haien. Leipzig, 1852.
- 39) Magitot, E., De la structure et du développement du tissu dentinaire dans la Série animale. *C. R. Acad. des sciences*, t. XC, 1880.
- 40) Morgenstern, M., Die Grenzfaserschicht; ein Beitrag zur Histologie des Zahnbeins. *Arch. Anat.-Physiol. (Anat. Abt.)*, 1909.
- 41) Mummery, J. Howard, Some Points in the Structure and Development of Dentine. *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, vol. CLXXXII, sér. B, 1892.
- 42) —, On the Process of Calcification in Enamel and Dentine. *Phil. Trans.*, vol. CCV (B), 1914.
- 43) —, On the Nature of the Tubes in Marsupial Enamel and its bearing upon Enamel Development. *Phil. Trans.*, vol. CCV (B), 1914.
- 44) —, On the Structure and Development of the Tubular Enamel of the Sparidae and Labridae. *Phil. Trans.*, vol. CCVIII (B), 1917.
- 45) —, The Microscopic and General Anatomy ob the Teeth. *Oxford med. publications*, 2nd. ed. 1924.
- 46) Nickerson, W. S., Development of the Scales of *Lepidosteus*. *Bull. Amer. Mus. Comp. Zoology*, vol. CXXIV, 1893.
- 47) Nunn, Miss, On the Development of the Enamel of the Teeth of Vertebrates. *Proc. Roy. Soc.*, vol. XXXIV, 1883.
- 48) Owen, Richard, On the Structure of Teeth, and the Resemblance of Ivory to Bone, as illustrated by Microscopical Examinations of the Teeth of Man and of various Existing and Extinct Animals. *Rept. Brit. Assoc. Adv. Sc.*, vol. VII, 1838.
- 49) —, Recherches sur la structure et la formation des dents des Squa-
loïdes, et application des faits observés à une nouvelle théorie
du développement des dents. *Ann. sc. nat. (Zool.)*, V. XII,
2^e sér., 1839; Extraits in: *C. R. Acad. des Sc.*, t. IX.
- 50) —, Sur la structure microscopique et le développement des dents
des Poissons gymnodontes. *Ann. Sc. nat. (Zool)*, 1839 et *C. R.
Acad. des Sc.*, 1839 et 1840.
- 51) —, On the Microscopic Structure of the Teeth of *Lepidosiren
annectens*. *Ann. Mag. Nat. Hist.*, 1840.

- 52) —, Untersuchungen über die Struktur und Entwicklung der Zähne der Squaloïden. Neue Notizen, 1840.
- 53) —, Odontography. London, 1840-45.
- 54) —, An Account of the Microscopic Structure of certain Fossil Teeth from the Environs of Riga, by which they are determined to belong to the genus *Dendrodus* of Sauroid Fishes. In: Murchison and others. *The Geology of Russia*. London and Paris, 1845.
- 55) —, On the Structure of the Teeth of some Fossil Fishes of Carboniferous Period. *Ann. Mag. Nat. Hist.*, 1849.
- 56) —, Comparative Anatomy and Physiology of Vertebrates. London, 1866.
- 57) Pettit, A., Sur le rôle des calcosphérites dans la calcification à l'état pathologique. *Arch. d'Anat. microsc.*, t. I, 1897.
- 58) Pickerill, H. P., The Structure of Enamel. *Dental Cosmos*, 1913.
- 59) Pouchet et Beauregard, Traité d'Ostéologie comparée. Paris, 1889.
- 60) Prenant, A., Rôle des cils dans la genèse des tissus dentaires. *C. R. Soc. de Biologie*, juillet, 1914.
- 61) —, Contribution à l'histogénèse des tissus dentaires. Rôle des cils dans la formation des tissus. *C. R. de l'Assoc. des Anatom.*, 16e réun., Paris, 1921.
- 62) —, Contribution à l'histogénèse de l'émail dentaire. *Arch. de Morphol. gén. et exp.*, fasc. XIX, 1924.
- 63) Prenant, Bouin et Maillard, Traité d'Histologie. Paris, 1911.
- 64) Priem, F., Étude des Poissons fossiles du bassin parisien. *Public. des Annales de Paléontol.*, Paris, 1908.
- 65) Queckett, Catalogue of the Histological Series of the Royal College of Surgeons of England.
- 66) Rainey, G., On the Formation of the Skeletons of Animals and other Hard Structures formed in connection with Living Tissues. *Brit. and Foreign. Med. Chirurg. Review*, London, vol. XX, 1857.
- 67) Renaut, J., Traité d'Histologie pratique. Paris, 1897.
- 68) Retterer, Ed., Structure et évolution des tissus dentaires. *Revue de Stomatol.*, 1920, n° 8.
- 69) —, Sur diverses variétés d'émail et leur mode de formation. *Soc. d'Odont. de Paris*, 1926.
- 70) —, Structure des dents de Poissons. *C. R. Soc. de Biol.*, 20 juin 1926.
- 71) —, Des tissus durs qui revêtent les dents simples. *C. R. Soc. de Biol.*, 18 décembre 1926.
- 72) Retterer et Lelièvre, Histologie dentaire. Structure et développement des dents. Paris, 1922.

- 73) Ridewood, W. G., The Teeth of Fishes. *Nat. Sc.*, 1896.
- 74) Rohon, Ueber untersilurische Fische. *Bull. de l'Acad. imp. de St-Petersbourg*, 1889.
- 75) —, Die obersilurischen Fische von Oesel. *Mém. de l'Acad. imp. de St-Petersbourg*, 1892-93.
- 76) Röse, C., Ueber Zahnbau und Zahnwechsel der Dipnoer. *Anat. Anz.*, Bd. VII, 1892.
- 77) —, Contributions to the Histogeny and Histology of Bony and Dental Tissues. *Dental Cosmos*. Nov.-déc. 1893.
- 78) —, Das Zahnsystem der Wirbeltiere. *Anat. Hefte*, Bd. IV, 1896.
- 79) —, Ueber die verschiedenen Abänderungen der Hartgewebe bei niederen Wirbeltieren. *Anat. Anz.*, Bd. XIV, 1898.
- 80) Rudas, Gero, Note sur le développement des prismes d'émail. *Rev. de Stomatologie*, sept. 1908.
- 81) Schaffer, Ueber den feineren Bau fossiler Knochen. *Sitzungsb. der k. Akad. der Wissensch. in Wien*, 1889.
- 82) Schwalbe, G. A., Ueber Theorien der Dentition. *Sitzungsb. Anat. Ges. Strassburg*, 1894.
- 83) Semon, R., Die Zahnentwicklung des *Ceratodus Forsteri*. *Denkschr. Med.-Naturw. Gesellsch. Jena*, Bd. IV, 1901.
- 84) Sirena, S., Ueber Bau und Entwicklung der Zähne bei den Amphibien und Reptilien. *Verhandl. der Phys.-Med. Gesellsch. in Würzburg*, 1871.
- 85) Stensiö, E. A., Triassic Fishes from Spitzbergen. *Kungl. Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar.*, Ser. III, Bd. II, Stockholm, 1925.
- 86) Stephan, P., Recherches histologiques sur la structure du tissu osseux des Poissons. *Bulletin sc. de la France et de la Belgique*, t. XXXIII, 1900.
- 87) Sternfeld, A., Ueber die Struktur des Hautzahnes, insbesondere die des Vasodontines. *Archiv. f. mikr. Anat.*, Bd. XX, 1882.
- 88) Terra, Paul de, Vergleichende Anatomie des Menschlichen Gebisse und der Zähne der Vertebraten. *Jena*, 1911.
- 89) Thomasset, J. J., Rapports entre l'ivoire et l'émail dentaire chez un Poisson fossile (*Sargodon*). *C. R. Acad. des Sc.*, t. CLXXVI, 12 juin 1923.
- 90) —, Étude histologique des dents chez un Poisson fossile: *Sargodon*. *Bull. Soc. Géologique de France*, t. XXV, 1925.
- 91) —, Un caractère distinctif des dents de Squales. *C. R. S. Soc. Géol. de Fr.*, 1926.
- 92) —, Sur la Structure des dents de *Lepitodus*. *C. R. S. Soc. Géol. de Fr.*, 1926.
- 93) —, Sur la présence de cellules dans la dentine de quelques Élasmo-branches. *C. R. Acad. des Sc.*, t. CLXXXII, 28 juin 1926.
- 94) —, Valeur morphologique de l'émail dentaire des Ganoïdes. *C. R. S. Soc. Géol. de Fr.*, 1927.

- 95) —, Remarques sur les canalicules de l'émail dentaire. *C. R. Acad. des Sc.*, 13 février 1928.
- 96) —, La cavité pulpaire des dents de Squalés. *A. F. A. S. La Rochelle*, 1928.
- 97) —, Essai de classification des variétés de dentine chez les Poissons. *C. R. Acad. des Sc.*, 3 décembre 1928.
- 98) —, Les calcosphérites des tissus fossiles. *C. R. Acad. des Sc.*, 30 décembre 1929.
- 99) Tomes, Ch. S., Studies upon the Attachement of Teeth. *Trans. Odont. Soc. of Gr. Br.*, vol. VII, 1874-75.
- 100) —, Structure and Development of Vascular Dentine. *Phil. Trans.*, vol. CLXIX (B), 1878.
- 101) —, Notes upon Dentine and Enamel. *Trans. Odont. Soc. of Gr. Br.*, vol. XXVIII, 1896.
- 102) —, On the Structure and Development of the Enamel of Elasmobranch Fishes. *Phil. Trans.*, vol. CXC (B), 1898.
- 103) —, On the Development of Marsupial and other Tubular Enamels, with Notes upon the Development of Enamel in general. *Phil. Trans.*, vol. CXC (B), 1898.
- 104) —, Upon Rôse's Proposed Classification of the Forms of Dentine. *Anat. Anz.*, Bd. XIV, 1898.
- 105) —, On Differences in the Histological Structure of Teeth occuring within a Single Family — the Gadidae. *Quat. Journ. Micr. Sc.*, vol. XII, 1899.
- 106) —, A Manual of Dental Anatomy Human and Comparative. 8th. edit. by H. W. Marett, Tims and C. Bowdler Henry. London, 1923.
- 107) Tomes, Sir John, On the Structure of the Dental Tissues of Marsupial Animals and more especially of the Enamel. *Phil. Trans.*, vol. CXXXIX (B), 1849.
- 108) Treuenfels, Die Zähne von *Myliobatis aquila*. *Inaug.-Dissert. Basel*, 1896.
- 109) Turner, Sir W., The Structure of the Comb-like Branchial Appendages and of the Teeth of the Basking Shark (*Selache maxima*). *Proc. Roy. Soc. Edimbourg*, vol. X, 1878-80.
- 110) Vaillant, L., Sur la présence du tissu osseux chez certains Poissons des terrains paléozoïques de Canyon City (Colorado). *C. R. Acad. des Sc.*, vol. CXXXIV, 1902.
- 111) Williams, Léon, On the Formation and Structure of Dental Enamel. *Dental Cosmos*, vol. XXXVIII, 1896.
- 112) Williamson, W. C., On the Microscopic Structure of the Scales and Dermal Teeth of some Ganoïd and Placoïd Fish. *Phil. Trans.*, vol. CXXXIX, 1849.
- 113) Wortman, Jacob L., The Comparative Anatomy of the Teeth of Vertebrata, in: *American System of Dentistry* ed. by W. F. Litch, vol. I (also Separate), Philadelphie, 1896.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
INTRODUCTION	6
CHAPITRE I. — <i>Classification des tissus dentaires</i>	9
Dentine	12
Email	19
» II. — <i>Les cellules de la dentine</i>	23
Odontoplastes	29
» III. — <i>Ostéodentine</i>	32
Ostéodentine méandriforme	39
Dentine dendroïde	40
» IV. — <i>Pseudo-dentine</i>	45
» V. — <i>Syndentine</i>	58
Dentine de <i>Ptyctodus</i>	70
» VI. — <i>Vasodentine</i>	72
» VII. — <i>Orthodentine</i>	75
Cavité pulpaire	76
Implantation des dents	78
Canalicules	80
Réseau conjonctif	81
Dentine à digitations	83
Ostéoplastes dans l'orthodentine	91
» VIII. — <i>Fibrodentine</i>	92
» IX. — <i>Email</i>	100
Email des Squales	100
Email placode	103
Email du collet	103
Email tubulaire	106
Email inversé	119
Cellules erratiques dans l'email	122

	Page
CHAPITRE X. — <i>Calcosphérites</i>	124
<i>Calcosphérites</i> dans l'ostéodentine	125
» » l'orthodentine	126
» » l'émail	127
ESSAI D'HISTOLOGIE COMPARÉE	130
Élasmobranches	132
Dipneustes	137
Téléostomes	137
CONCLUSIONS	143
BIBLIOGRAPHIE	146

DEUXIÈME THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

ZOOLOGIE. — La vessie natatoire des Poissons, ses homologues, son fonctionnement, son rôle.

BOTANIQUE. — Les Bactéries autotrophes.

VU ET APPROUVÉ:

Paris, le 27 janvier 1930.

Le Doyen de la Faculté des Sciences

C. Maurain.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER:

Le Recteur de l'Académie de Paris

S. Charléty.

